







# పరమాణువు - దాని కథ

రచన :

సెలిగ్ హెకెట్  
~~యూజెనె రాబిన్‌విచ్~~

అనువాదం :

మల్లాది నరసింహశాస్త్రి

కొలానంద ప్రచురణలు, విజయవాడ - 2



బాలానంద ప్రచురణ  
ప్రథమ ముద్రణ '58  
నాలుగు రూపాయలు

శ్రీ కృష్ణా ప్రింటింగ్ వర్క్స్  
విజయవాడ-2.

---

In English—EXPLAINING THE ATOM : by Solig Hocht and Eugene  
Rabinowitch, Published by New-yark — The Viking Press,  
In Telugu — Translated by M. Narasimha Sastry. Published by  
Balapanda Publications, Vijayawada, with kind Permission of  
writers and Publisher.

4. పరమాణు విభజనా కార్యక్రమం కొనసాగించ నచ్చునా ?

5. పరమాణు శాంబు అవధి పరిమాణం

## VII పరమాణు బాంబులను తయారుచేయవచ్చును

1. రెండు బిలియన్ డాలర్ల జూదం

2. యురేనియం విచ్ఛేదన తనంతట తాను కొనసాగ గలదా ?

3. శాంబులకోసం కొత్తగా సృష్టించబడిన పరమాణువులు

4. శాంబు పదార్థములు పొందడానికి మరి మూడు మార్గాలు.

5. ధనం ప్రవహించటం ప్రారంభించింది.

6. యురేనియం విచ్ఛేదన తనంతటతాను కొనసాగు తుంది

## VIII పరమాణు బాంబుల ఉత్పత్తి

1. కొద్దిప్రమాణంలో నూతన పరమాణువు: ప్లూటోనియం ఉత్పత్తి

2. భారీ ఎత్తున ప్లూటోనియం ఉత్పత్తి

3. శాంబులకొరకు అధిక ప్రమాణంలో యురేనియం ఉత్పత్తి

4. పరమాణు శాంబు నిర్మించబడినది.

5. రహస్యం బయటపడ్డది.

## IX రకరకాల పరమాణు పాంబులు

1. పరమాణుశక్తి పరివర్తనావలన కలుగజేసిన
2. ప్లూటోనియం U - 238 నుండి కలుగజేసిన అధిసంఖ్యాక పరమాణు ఉత్పత్తి చేయడానికి సాధ్యం అయినది.
3. పరమాణు పాంబులు: పెన్సిల్, నిస్సల్
4. ఇతర దేశాలు పరమాణు పాంబులు సాధించినవి.

## X శ్రేష్ఠతరమైన పాంబుల ఉత్పత్తి

## XI పరమాణుపాంబుల నిషేధమునకు జరిగిన ప్రయత్నముల వైఫల్యం

## XII పరమాణుశక్తి వినియోగము తుదిపలుగు.

## ప్రథమముద్రణకు తెలిపలుకు

కాస్త్రువిషయము లంటే ఏమిటో అంతగా తెలియనివారికోసం యీ గ్రంథం వ్రాయబడింది. సామాన్యపదార్థముల లక్షణముల మొదట, భారీఎత్తున విడుదలఅయ్యే పరమాణుక క్రివరకూ ఘట్టములవారీగా, విజ్ఞాన కాస్త్రం ఏవిధంగా అభివృద్ధిని సాధించినదీ యీ గ్రంథం నూచిస్తుంది. కథాఘట్టములసంఖ్య చాలా తక్కువే. ఇందులో పొందుపరపబడిన విషయాలుకూడా సులభంగా గ్రహించతగ్గవే. పదార్థ, రసాయన, గణిత కాస్త్రములతో పరిచయం లేనివారికిగూడా సుబోధకమగునటుల కాస్త్ర విషయములు వర్ణింప బడినవి. ఇంతకుపూర్వం న్యూయాయ్కులో సాంఘిక పరిశోధనా సంస్థతరపున విజ్ఞాన విషయపరిజ్ఞానములేని ప్రేక్షకులకు ఐదు ఉపన్యాసములలో యీవిషయమునంతా లేటెల్లముచేశాను. ఈ కథలోని ముఖ్యవిషయాలు ఏమిటో విషయనూచికవల్ల, ప్రస్తావనవల్ల తెలుస్తుంది.

ఈ పుస్తకాన్ని మొదటనుంచి చివరిదాకా ఒకేసారి చదవాలని ప్రయత్నించడంకన్నా, యివ్వాలే కొంతా రేపు కొంతా చొప్పన కొద్ది రోజులలో పూర్తిచేయడం మంచిది. ఏదైనా ఒకభాగం అక్కడక్కడ బోధపడకుంటే దానినిగురించి అంత బాధపడనవసరం లేదు. ఆ తర్వాత అదే బోధపడుతుంది. ఎక్కడన్నా ఒకభాగం అర్థం కానంతమాత్రాన అక్కడితో ఆగిపోగూడదు. చివరిదాకా చదువుకుపోతే కథాగమనం కుంటుపడకుండా ఉంటుంది. ఒకసారి చకచకా పుస్తకాన్ని చదివివేసిన తర్వాత మళ్ళీ ఒకసారి చదవాలనిబుద్ధిపుడితే ఆ ఉబలాటాన్ని నిరోధించ కూడదు, ఒకసారి చదివినపుస్తకాన్ని మరోసారి చదవటంవల్ల లాభమూ ఉంది; ఆనందము ఉంది.

పరమాణు బాంబు నిర్మాణ కార్యకలాపాలకీ, నాపనికికీ ఏమీ సంబంధంలేదు. నాపనిఅల్లా వెలుగు, కాంతి విషయములకు సంబంధించినది. నాకు తెలిసిన పరమాణుతత్వ విషయములన్నీ బయటి ఆధారములనుంచి లభ్యమయినవే. 1940 కి పూర్వము పరమాణుతత్వసంబంధమైన అనేక విజ్ఞాన గ్రంథాలు వెలువడ్డాయి. ఎన్నోవ్యాసాలు ప్రచురింపబడ్డాయి.

1940 - 1945 మధ్య యీ విషయమై నూతనంగా ఏ ఒక్కవిషయమూ ప్రచురింపబడలేదు. ఆతర్వాత పరమాణుశక్తినిగురించి H. D. స్మిత్ యొక్క ఆధికార నివేదిక వెలువడింది. నెమ్మది నెమ్మదిగా మరికొన్ని కగప్రణాలు యిప్పటిప్పడే వెలువడుతూ ఉన్నాయి. నాకు తెలిసినవిషయాలు అనేక వేలమందికి తెలుసు. దీనిలో నేను రహస్యంగాదాచినవీ కొత్తగా యిప్పుడు చెప్పతున్నవీ ఏమీ లేవు.

మనకు లభ్యంకాని రహస్య సమాచారములమాట ఆటూ ఉంచి, లభ్యమైన విషయములనే యింకా విపులీకరించి బొమ్మలు, సమీకరణాలూ చేర్చుకంటే యీ గ్రంథం యంతకు పదిరెట్లు పెరిగిఉండేది. విషయంతో గనక పోల్చుచూస్తే యిది చాలా చిన్న పుస్తకం. క్రితం యాత్ర సందర్భరములలోనూ పదార్థ విజ్ఞానకాస్త్రం ఎంతటి అభివృద్ధిని సాధించినదో సామాన్యునికిగూడా తెలిసేటట్లు చేస్తుంది యీ గ్రంథం. విషయం బోధపడటానికి పాండిత్యం ఏమీ అవసరం లేదు.

పరమాణుశక్తికి సంబంధించిన సమస్యలనుగురించి ప్రజలు తెలివి లేటలతో యోచించటానికి అవసరమైన శేషధ్యాన్ని సమూహగృహీతే నాయొక్క ఆభిలాష. పరమాణుశక్తి అనేది ఏదో రహస్యమైన విచిత్ర విషయంగా భావింపబడినంతకాలం, ప్రజల మనస్సులలోని భయాలదోశ నలు తొలగిపోవు. పరమాణుశక్తినిగురించి సందేహాలు తొలగించడానికి గాను ఉన్నవిషయాన్ని ఉన్నట్లుగా చెప్పడానికి ప్రయత్నించాను.

గోల్డెన్ ఫారం, }  
10—9—'46. }

— సెలిగ్ హెకెట్.

## సంస్కరణ వసద్రణకు తొలిపలుకు

కొలంబియా విశ్వవిద్యాలయంలో జీవతత్వ శాస్త్రాచార్యుడుగా ఉన్న డా॥ పెరిగ్ హెకెట్ 1947 లో తన 55 వ ఏట మరణించారు. ఆయన జీవతత్వ శాస్త్రంలోనూ, ఆంధ్రలో ప్రశ్నేకంగా కాంతి, తత్వ విజ్ఞానంలోనూ గొప్పపండితుడు అవటం మాత్రమే కాదు; తన తోటివాళ్ళ బాటలపై అత్యంత సానుభూతి, మానవాళి భవితవ్యంపట్ల ఆపరిమిత శ్రద్ధా సకులూ గల మానవుడు. ఆయన రచించిన 'పరమాణు కథ' అనే గ్రంథాన్ని పరిష్కరించి నేటి ప్రపంచానికి లగిన విధంగా తీసుకురావలసిందని ఆయనకు ప్రతిపాదించబడినప్పుడు ఆంధ్రకు నేను అంగీకరించాను. అది నా కర్తవ్యమని, ఆనందం కలిగించేవిషయమనీ నాకు తెలుసును. నేను మొదటిసారి ఆమెరికావచ్చి, న్యూయార్కులోని జనసందోహంలో ఒంటరిగా తికమకపడుతున్నోజాలో, అంతులేని సానుభూతితో స్నేహంతో ఆదరించిన మిత్రుని సృష్టి కిది కర్తవ్యం కదా!

అంతేకాదు, జనాదరణపొందిన విజ్ఞానగ్రంథాలలో అత్యుత్తమమైనదీ, చిక్కని చిక్కనిచైతిలో ఉత్సాహసప్తలు రేకెత్తించేదీ అయిన యీ గ్రంథంతో నా పేరుగూడా జోడింపబడటం నాకు ఆనందదాయకం కదా!

మానవజాతి భవితవ్యంపట్ల రేకెత్తిన భయాందోళన ఫలితంగా 1946 లో డా॥ హెకెట్ యీ గ్రంథాన్ని రచించి ప్రకటించారు.

అణుశక్తితోపాటు విజ్ఞానశాస్త్రప్రపంచంలో ఒక నూతనశక్తి ప్రారంభం అగుటమాత్రమే గాక, ప్రపంచజాతులకూ, వాటి నాయకులకూ వారి వివేకసంపత్తికి పరీక్షాసమయం అసన్నమైనదని అందరి శాస్త్రజ్ఞులతోపాటు ఆయనకూడా భావించారు. పరమాణువిచ్ఛేదనంవల్ల ఉత్పన్నమయ్యే ఆనంత విధ్వంసక శక్తినీ-అంతర్జాతీయ విద్వేషాలతో, విషరోషాలతో ఉడికిపోతున్న మానవాళి ఎదుర్కొని, రాజ్యాలుమధ్య అధికారస్రావల్యంతో సంఘర్షణగా జరుగుతున్న సంఘర్షణను నిలుపుచేయగలదా?

ఇదే యిప్పటి మాఖ్యప్రశ్న. నిజమైన విజ్ఞానశాస్త్రజ్ఞునివలె డా॥ హెకెట్ గూడా వివేకానికింతకూ మూలం విజ్ఞానమనీ, పరమాణు స్వరూపం అంటే ఏమిటో, దానిని విచ్ఛేదించేయటంవల్ల కలిగే సాధక

బాధకాలు ఏమిటో ప్రజలకు తెలియజెప్పినప్పుడే వారు ఆ సమస్యలను పరిష్కరించుకోగలుగుతారని విశ్వసించారు. ఈ విషయపరిష్కారం కలిగి సంతమాత్రాన పుడమిపై కాంతిభద్రతలు తక్షణం స్థాపింపబడతాయనికాదు. కాగా అందుకై చేయవలసిన ప్రయత్నాలకు యిది ప్రథమ సోపాన మాత్రమే.

ఈ అభిప్రాయంలోనే 1945-1946 సంవత్సరాలలో ఆమెరికాలాని శాస్త్రజ్ఞులు మాతృదేశానికీ, సమస్తమానవాళికీ అణుశక్తివల్ల కలిగే కష్టనష్టాలనుగురించి వివరించడానికి పూనుకున్నారు. ఈ ఉద్యమం ప్రభావంవల్లనే, అణుశాస్త్రజ్ఞుడు కాకపోయినా డా॥ హెకెట్ యీ రంగంలో ప్రవేశించటం జరిగింది.

ఈ పరమాణుయుగంలో మానవాళి మనుగడకుగాను, అన్ని తరహాల యుద్ధాలనూ పూర్తిగా నిషేధించాలనే వర్గానికీ-భూసుండులంలో ఎక్కువ భాగాన్ని కబళించాలనే నియంతృత్వాధికార అరాచకశక్తులకూ 1945 నుండి సంఘర్షణ ప్రారంభం అయింది. జగ్మనీ నియంతృత్వాధికారచక్రవర్తి వల్ల అపార కష్టనష్టములకు పాల్పడి, ద్విత్వీయప్రపంచ సంగ్రామ భీభత్స దృశ్యాలచే మనస్సు సంతోభపడిన డా॥ హెకెట్, పరమాణుశక్తిని ఆదుపులో పెట్టడానికి అంతర్జాతీయరంగంలో జరుగుతూన్న ప్రయత్నాల వైఫల్యాన్ని తెలుసుకోక పూర్వమే - పరమాణుబాంబుకన్నా భయంకరమైన ఉపజనిబాంబు మొదలైన ధర్మోన్మాదీయర్ అస్త్రాన్ని రూపుదొడగక ముందే ఆయన కన్నుమూశారు.

నాగరికమైన మానవజాతి యీవిధంగా ఆత్మమాత్యాసదృశకరమైన మార్గంలో పడినప్పుడు ఉపేక్షవహించి, నిర్లిప్తంగా నిద్రించే అధికారం ఏ శాస్త్రవేత్తకూలేదు. పరమాణు విజ్ఞానాన్ని యింకా విప్రళింగా ప్రచారం చేయడానికి తద్వారా విజ్ఞానశాస్త్రంయొక్క మార్గాలూ, ఆశయాలూ, సాధ్యాసాధ్యాలు తెలుసుకుంటానీకీ యీ గ్రంథం చోడ్పడుగాక ! పరమాణు విచ్ఛేదంవల్ల ఉత్పన్నమయ్యే అఖండశక్తిని మానవజాతి సర్వనాశనమునకు ఉపయోగించుకోవడమా, లేక మానవాళి కళ్యాణానికి వినియోగించుకోవడమా - అనే విషయాన్ని తేల్చుకోవలసిన ముహూర్త మానస్సు మైనదనే యీ గ్రంథం ప్రజలను హెచ్చరించుగాక !

— యూజెన్ రాబిన్సోవిచ్.

## ప్రస్తావన

విజ్ఞానశాస్త్రరహస్యములు : పరమాణుబాంబు.

1945 జూలై 16 వ తేదీనాడు, నూర్యోదయానికి పూర్వము, కొందరు విజ్ఞానశాస్త్రవేత్తలు రక్షణశాఖాధికారులు, న్యూమెక్సికోలోని ఒక నిర్జనప్రాంతంలో గుమికూడారు. విజ్ఞానశాస్త్రసంబంధమైన మహాత్తరప్రయోగమును ఒకదానిని ఆ ప్రాంతములోచేసి చూడడానికే వారు అక్కడ చేరారు. కీలక శిఖరమునకు ఎవరు ఎంతెంత దూరంలో ఉండాలో నిశ్చయించుకున్నారు. కొందరు 25 మైళ్ళ దూరాన మరికొందరు, 10 మైళ్ళ దూరాన్న సీరపడ్డారు. శిఖరమునకు అత్యంత సమీపంలో - 7 మైళ్ళ దూరాన ఉన్నవారు మట్టితోను కొయ్యదుంగలతోను నిర్మింపబడిన భూగ్రహంలో తలదాచుకున్నారు.

నిర్ణీతసమయానికి ఎవరో విద్యుత్ మీటరు నొక్కారు. దానితో ఒకదాని తర్వాత ఒకటిగా వరుసక్రమంలో అనేక వింత సంఘటనలు పొడగట్టాయి. ఈ ప్రయోగనిర్వహణ నిమిత్తమై అనేక యంత్రాలు నెలకొల్పబడిఉన్నాయి. ముందుగా ఊహించినట్లే, సరిగ్గా అనుకున్న నిర్ణీతసమయానికి - ఒక బ్రహ్మాండమైన వెలుగు మిరుమిల్లుగొల్పుతూ మెరుపులా



ఘోరిసింది వెనువెంటనే విపరీతమైన ఉష్ణము ఉద్భవించింది. తొన్ని సెకండ్ల తరువాత ఘోరఘోరాభూతంగా మిన్నుపిరిగి మీదపడుతున్నట్లు చప్పుడయింది. ఈ ప్రయోగం జరిగిన స్థలానికి 10 మైళ్ళ దూరంలోఉన్న ఒక శాస్త్రపరిశీలకుడు, ఆ సమయంలో నేలమీద బోర్లబొమ్మలా - ముఖం నేల వేపుకు, మెడ పైవేపుకు ఉండేటట్లు పడుకునిఉన్నాడు. ప్రయోగం జరిగిన మరుక్షణంలోనే - తన ఒంటినున్న చర్మానికి చర్మరలో కణకణలాడే మందు ఇరువకడ్డీలను ఉంచినట్లుగా అనిపించిందని ఆయన అన్నాడు. మొట్టమొదటి పరమాణు బాంబు ప్రయోగపరిశీలనార్థమై యీవిధంగా వేల్పుబడింది.

తొన్నివారాల తర్వాత హిరోషిమామీద ఒకటి, మరీతొన్నివారాల తర్వాత నాగసాకిమీద మరొకటి పరమాణుబాంబులు వేల్పుబడ్డాయి. ఇక ఆ తర్వాత ప్రయోగ పరిశీలనకోసము ఉజ్జనకొలదీ పరమాణుబాంబులు అంతరిక్షంలోను, భూగర్భంలోను, సముద్రగర్భంలోనూ వేల్పుబడినవి. ఈ ప్రయోగములకొరకు పసిఫిక్ లోని బికినీఎటోల్, ఇనిషియల్ ద్వీపములను, నెవీడాలోని నిర్జనప్రాంతములను ఆమోకనులు ఉపయోగించారు. సోవియట్ రష్యాలో జులియూషిన్స్ పరమాణు అస్త్రప్రయోగములను గుర్తించిన విశేషములను ఇతర దేశములలోని పరిశీలకులు ఎప్పటికప్పుడు గ్రహిస్తూనేఉన్నారు. కేట్ బ్రటన్ 1952 లో ఆస్ట్రేలియా పశ్చిమ తీరమునకు మారముగానున్న ద్వీపములో ప్రపథమ పరమాణుబాంబును వేల్చినది. మరుసవత్సరం మరరెండు బాంబులను దక్షిణ ఆస్ట్రేలియాలోని ఒక ఎడారిలో వేల్చి పరిశీలనలు జరిపింది.

భూమిమీద పేల్చిన పరమాణుబాంబు ఏ స్వరూపాన్ని చాలు  
స్తుందో మనందరికీ తెలుసు. దట్టమైన పొగతో కుక్కగొడుగు  
ఆకారంలో ఈ స్వరూపం గాలిలో ఘుమారు 40,000 అడు  
గుల ఎత్తుకు ఎగసి నెమ్మదిగా విస్తరించటం ప్రారంభిస్తుంది.  
ప్రేలుడు సంభవించిన స్తలమునకు చుట్టుప్రక్కల అనేక మైళ్ళ  
వరకు ఇల్లు, చెట్లు చేమలు మలమలమాడి నామరూపాలు  
లేకుండాపోతాయి. ఇనప కట్టడాలు అప్టవంకరలు తిరిగి వికృత  
రూపాలుదాల్చి నేలమీద చెల్లాచెదురుగా పడిఉంటాయి.  
ఇదే విధంగా నీటి అడుగున పేల్చిన పరమాణుబాంబు  
ఏ రూపాన్ని ధరిస్తుందోగూడా మనకి తెలుసు. ఒక మైలు  
వెడల్పున అనేకతాళ్ళ ప్రమాణాన నిట్టనిడుపుగా బ్రహ్మాండ  
మైన స్తంభాకారంలో నీరు పైకిలేస్తుంది. వెనువెంటనే రేడియో  
ధార్మికత ఆవేశించిన నీటితుంపరులు జల్లులు జల్లులుగా అనేక  
మైళ్ళ వరకు విరజిమ్ముబడతాయి.

హిరోషిమా నగరంమీద పరమాణుబాంబు ప్రయోగం  
జరిగిన వెనువెంటనే 50,000 మంది ప్రజలు మరణించారు.  
బ్రతికి బయటపడినవారిలో మరొక 50 వేలమంది ప్రజలు  
రేడియో ధార్మికత ప్రభావానికిలోనై కొలది కాలంలోనే  
మృత్యువునాత పడ్డారు. నెలలుగడుస్తున్న కొద్దీ వేల సంఖ్యలో  
ప్రజలు చనిపోతూనేఉన్నారు. ఈ పరమాణుబాంబు ప్రయోగ  
ఫలితం ఎంతకాలం వరకు నిలిచిఉంటుందో తెలుసుకునే అవ  
కాశంలేదు. 1954 సంవత్సరమునకు హిరోషిమా నాగసాకి  
లలో మిగిలిఉన్న ప్రజల ఆరోగ్యం కుదటపడి యధాస్థితికి  
వచ్చింది. ఆ ప్రజల సంతతి విషయంలోకూడా ఎట్టి విపరీత

ములు గోచరించలేదు. అంత మాత్రంచేత, ముందు తరాల వారిలో స్వల్పతరమైన వైపరీత్యములు గోచరించనని యిప్పుడే స్పష్టంగా చెప్పటకు వీలులేదు. మున్నుండు జరిగే యుద్ధాలలో పరమాణుబాంబు ప్రయోగమువలన, దేశములో అధిక ప్రాంతము రేడియో ధార్మిక ప్రభావమునకు గురిఅయితే, జాతీయావత్తూ అనేక అసర్ధకములకు వైపరీత్యములకు లోనయ్యే ప్రమాదం ఉన్నది.

పరమాణుబాంబు ప్రయోగ దుర్ఘటనా ఫలితంగా 1945 మొదలు ప్రపంచ ప్రజల మనస్సునకు ప్రశాంతత లేకుండాపోయినది. ప్రజలు యిట్టి సంఘటనకు సంసిద్ధులైలేరు. జాతీయ రంగంలోను, అంతర్జాతీయ రంగంలోను, పరమాణు బాంబు ప్రయోగంవలన కలిగే ఫలితాలు ఎట్లా ఉండగలనో నని వారు భయభ్రాంతు లయ్యారు. కుప్పతిప్పలుగా వెలువడిన కరవత్రాలు, వ్యాసాలు, చర్చలు, పరమాణుశక్తిని గురించి ప్రజలలోగల మూఢఉద్దేశ్యాలను తొలగించివేశాయి; పరమాణుశక్తికి సంబంధించిన సమస్యలేవో, వాటికి తగిన పరిష్కార మార్గాలేమిటో నూచించాయి. కాని యిప్పటికీ ప్రజలలో పరమాణుశక్తి ఉత్పత్తి, స్వభావము మొదలైన విషయాలను గురించి విచిత్రమైన అభిప్రాయాలు పాతుకుని ఉన్నాయి.

పరమాణు శక్తి విషయాలను గురించి శాసనసంబంధ మైన పరిజ్ఞానం నాకు కొంతఉంది. నేను అనేకమంది పెద్దలతో యీవిషయాన్ని గురించి ముచ్చటించాను. రాని విచిత్రమే. మంటే చాలమందికి పరమాణుశక్తి విడుదలకు ఆలంబనమైన మూలనూత్రాలేమిటో బొత్తిగా తెలియనేతెలియదు. బాగా

చదువు సంధ్యలు అబ్బినవారికిగూడా పరమాణుశక్తిని గురించి, పరిజ్ఞానం బొత్తిగా తక్కువే అని చెప్పవలసివుంది. ఆలోచనలకు కూడా అంతచిక్కని సర్వనాశనకారియగు యీమారణాయుధాన్ని గురించి మనమంతాగూడా నిర్ణయాలు తీసుకోవలసి ఉంది. అయితే ఈనిర్ణయాలు బొత్తిగా అజ్ఞానంతో తీసుకొనే విగా ఉండకూడదు. పరమాణుశక్తి ఉత్పత్తిని గురించి ప్రభావాలను గురించి ప్రజలకు బోధించాలి. వారు యీవిషయాలు తెలుసుకోవాలి.

పరమాణుశక్తికి సంబంధించిన విషయాలన్నీ ఏదో పరమరహస్యంగా భావించేవారు లేకపోలేదు. పరమాణుశక్తిని గురించిగాని, పరమాణు బాంబును గురించిగాని, ఏవిధమైన మహత్తర రహస్యములు లేవని యీ పుస్తకం తేటతెల్లం చేస్తూంది. అయినప్పటికీ - దీనికి సంబంధించిన శాసనాలు లేకపోలేదు. కాంగ్రెస్ లో ప్రవేశపెట్టిన అనేక బిల్లులలో - పరమాణుబాంబు నిర్మాణమునకు సంబంధించిన రహస్య సమాచారమును బయటపెట్టే వారికి మరణదండన విధించాలనే బిల్లుగూడా ఒకటి ఉంది. పూర్వచరిత్రఅనేది ఎవ్విధమైనదీ లేకుండా-పరమాణుశక్తి హఠాత్తుగా దానంతట అది విడుదలై విరుచుకు పడింది, అనే భావముతో యిలాంటి శాసనాలకు ఒడి కట్టుతున్నారా అనిపిస్తోంది. అంతేకాదు ఈ విషయాన్ని అట్లా నమ్మే ప్రజలుకూడా అనేకులు ఉన్నారు. ఈలాంటి నమ్మకాలకు వార్తాపత్రికలలో ప్రచురింపబడే కట్టు కథలు కూడా ఎంతో దోహదం చేశాయి. కొత్త యంత్రాలను కనిపెట్టేవాడో, శాస్త్రజ్ఞుడో అచార్యుడో, లేక ఏదీర్ఘ శిరోజములు

పెద్దమనిషో-బుర్రలో వెరిమొరి ఆలోచనలు రేపుకొంటూ ఉండటంవల్ల-హఠాత్తుగా ఏదో ఒక ఆలోచన ఫలించి యిటు వంటివి ఒనగూడుతూ ఉంటాయి-అని గూడా మనకీ మనసులో అనిపించవచ్చు. బహుశః ఈ వెరిమొరి ఆలోచనలలో ఒక దానికి ఫలితమే యీ పరమాణు బాంబు అయిఉండవచ్చును.

నిజం చెప్పవలసిన స్త్రీ, మన్ హట్టన్ జిల్లా శాస్త్రజ్ఞులందరూ 'దీర్ఘ శిరోజాలు' (Long hairs) అనే పేరు నార్జించారు. నా స్నేహితులలో ఒకడు పరమాణు కర్మగారంలో సలహా దారుగా ఉండేవాడు. తరుచు అతను ఒక ముగిలి పాపుసు వెళ్ళేవాడు. దీర్ఘ శిరోజాలను గురించి అక్కడవిని అది చాలా సీయస్ విషయంగా తీసుకొనేవాడు. తన క్రాపు సాగ్గా శుభంగా ఉన్నంతవరకు తను, తన సహాధ్యాయులకు అధ్యంతరం కలిగించదని, అయితే సైనిక సాబంపమైన వ్యవహారాలలో మాత్రం దీర్ఘ శిరోజముల పేరుతో పిలుస్తే సహించేది లేదని ఆయన వ్యాఖ్యానించాడు.

ప్రచారంలో ఒక కథ ఉన్నది: దీర్ఘ శిరోజాలలో ప్రథమ శ్రేణికి చెందిన ప్రఖ్యాత విజ్ఞానవేత్త ఆల్ బర్ట్ ఏసెన్టీన్ పరమాణుబాంబు విషయమై తనకుగల అభిప్రాయాన్ని ప్రసంగించు రూక్ష వెల్తుకు నివేదించాడు. నిర్మాణపు ఖర్చులకుగాను ఘమాయు పెంపు బిలియన్ల డాలర్లు వెచ్చించవలసి ఉంటుందని అంచనా యిచ్చాడు. రూక్ష వెల్తుకు కొత్త విషయాలను గురించి మంచి ఉత్సాహం ఉంది. అద్భుతమైన దూరదృష్టి గూడా ఉంది. అందువల్ల - సరే ఓ పాచిక పసరిచూద్దాం అనుకున్నాడు. పరమాణుబాంబు నిర్మాణ కార్యకలాపాన్ని

ప్రారంభించవలసిన భారం ఒక ప్రముఖ మిలిటరీ అధికారిపైన ఉంచాడు. ఆ అధికారి, శాస్త్రవేత్తలను, ఇంజనీర్లను సమావేశపరిచాడు. ప్రయోగశాలలను, కర్మాగారాలను నిర్మించాడు. జపాను దేశస్తులపాలిట గొడ్డలిపెట్టుగాను, అమెరికన్ వాణిజ్యమునకు వరప్రసాదముగాను పరమాణుబాంబును సృష్టించాడు.

దీర్ఘశిరోజాల రహస్యం, ప్రెసిడెంట్ రూజ్ వెల్ట్ వేసిన పాదిక, మిలిటరీ అధికారిహోదా - ఇదంతా తప్పిదమనే అనాలి. అనేక కారణాలవల్ల యిది తప్పు అని అనవలసి వస్తోంది. పరమాణుశక్తి అనేది అప్పటికప్పుడు ఉద్భవించినది కాదు. అనేక సంవత్సరములుగా అనేకమంది ఈ పరమాణు శక్తి విషయమై విరివిగా పరిశీలనలు జరుపుతున్నారు, చర్చలు సాగిస్తున్నారు. పరమాణుశక్తి అనే మాటగూడా ఎంతో కాలంగా ప్రచారంలో ఉన్నది. ఈ క్షేత్రంలో యూరేనియం సంవత్సరములనుంచి శాస్త్రవేత్తలు కృషిచేస్తూ ఉన్నారు. ఈ విషయాన్ని గురించి అనేక కరవత్రాలు వెలువడ్డాయి. పరమాణు శక్తికి ఒక క్రమమైన చరిత్ర, పరిణామాభివృద్ధి ఉన్నాయి ఈ చరిత్రను గురించి. పరిణామాన్ని గురించి ప్రపంచంలో ప్రజల నేకులకు తెలుసు. ఏ సమయంలో దీర్ఘ శిరోజముల శాస్త్రవేత్త, ప్రెసిడెంట్ కి పరమాణుబాంబు నిర్మాణావసరాన్ని గురించి సలహాయిచ్చాడో సరిగ్గా అదే సమయాన డెర్బాగు, ఇంగ్లండ్, ఫ్రాన్స్, జర్మనీ మొదలైన దేశాల్లోగూడా యదే రంగంలో కృషి ప్రారంభం అయింది.

వార్తాపత్రికలద్వారా ప్రజలు గ్రహించేది చాలా ప్రమాదహేతువు. అంతేకాక అది సరియైన మార్గముకూడా కాదు. ఎందువల్లనంటే వార్తాపత్రికలలోని రచనలు రెండు బిలియన్లుడాలర్లు ఖర్చుచేస్తే మనకు లభ్యంకానిది ఏదీఉండదు అనే అభిప్రాయాన్ని కలుగ జేశాయి. రెండు బిలియన్లు డాలర్ల ఖర్చుతో మనం యిదివరకులేని పరమాణుశక్తి ఉపయోగాన్ని, పరమాణుబాంబు నిర్మాణాన్ని సాధించగలిగాము అంటే-ఆరెండు బిలియన్లు డాలర్లతోనూ మనం కాన్సర్ వ్యాధిని నివారించవచ్చును. హృద్రోగములను కుదర్చవచ్చును. ఇంకా అనేక దారుణరోగములకు చికిత్సలు చేసుకొనవచ్చును. ముండుకునడుద్దాం పడండి! ధనాన్ని సేకరిద్దాం. ఒకనిర్వాహకుణ్ణి, శాస్త్రజ్ఞుల్ని ఒకచోటచేరుద్దాం. అంతా సక్రమంగా కొనసాగిపోతుంది.

1936 వ సంవత్సరంలో ప్రపంచంలోఉన్న ధనమంతా వెచ్చించినా ఒక్క-పరమాణుబాంబు నిర్మించడానికి గూడా సాధ్యమయ్యేది కాదనే విషయం మనం గ్రహించాలి. పరమాణుశక్తిని గురించి ప్రజలకు తెలుసు. దాని లక్షణాలను గురించి గూడా అనేక విషయాలు చాలమందికి తెలుసు. ప్రయోగశాలల్లో స్వల్ప పరిమాణాల్లో ఈశక్తి విడుదల అయ్యేది. సూర్యునిలోను, నక్షత్రాలలోను భారీఎత్తున విడుదల అయ్యేశక్తిని గురించి శాస్త్రజ్ఞులు పరిశోధనలు జరుపుతునే ఉన్నారు, కాని భూమిమీద భారీఎత్తున ఈ పరమాణుశక్తిని విడుదల చేయడానికి అవసరమైన విజ్ఞానము, ప్రయోగసన్నాహము, 1936 వ సంవత్సరంలో లేనేలేవు. ఆ సమయంలో

రెండు బిలియన్ల డాలర్లు వెచ్చించి పరమాణుబాంబు తయారు చేయడానికి ఎవరూ సిద్ధపడేవారుకారు. వాణిజ్యానికి, వైద్యానికి ప్రజలకూ విజ్ఞానశాస్త్రాతోగల సంబంధబాంధవ్యాలను అర్థం చేసుకోవాలంటే, యీవిషయం మనం ముఖ్యంగా గమనించాలి. ఏదైనా వినియోగంలోకి రావాలంటే ముందు దానికి సంబంధించిన విజ్ఞానం ఉండాలి. విజ్ఞానశాస్త్రప్రయోగపురోగమనము నుడు ఒకానొక ఘట్టములో ఆయా శాస్త్రఫలితములకు సంబంధించిన పూర్తి విజ్ఞానం లభ్యమౌతుంది. అయితే ఆ ఘడియ ఎప్పుడు వస్తుందో ముందుగా ఎవరూ చెప్పలేరు. ప్రయోగ ఫలితాలను బట్టి మంచి చెడులు పూర్తిగా తెలుసుకున్న తర్వాతనే ఆ పరిశోధన తాలూకు విజ్ఞానాన్ని ఆచరణలో పెట్టవలసి ఉంటుంది. 'ఫలితం యిదే' అని యితమిద్దంగా తేల్చుకున్న తర్వాతనే-దానిని ఉపయోగించుకునే విధానాన్ని గురించి శ్రద్ధతీసుకోవాలి.

1986 లో మనకి తెలియని విషయాలు 1989 లో ఏమి తెలిశాయి? 1985 లో పరమాణు బాంబునిర్మాణ సన్నాహానికి ఏ ఏ పరిస్థితులు అనుకూలించలేదు? అదే 1989 లో ప్రారంభించడానికి ఏ ఏ పరిస్థితులు అనుకూలించాయి? యురేనియం మూల పదార్థములోని పరమాణువుల విచ్ఛేదం-దాని నుండి విడుదల అయిన న్యూట్రానులు, ఈకార్యరంగంలో అభివృద్ధికి బీజంనాటాయి అని చెప్పవచ్చును. అయితే ఈపదాలు వాటంతట అవి అర్థవిహీనములుగా తోచవచ్చును. ఈమాటలతో పాటు యిటీవల తరుచు వార్తాపత్రికలలో కనిపించే యితర పదాలు-ఐసోటాప్స్, ఐన్ స్టీన్ సమీకరణము, ప్రోటా



నులు, పుటోనియం మొదలైనవిగూడా అర్థవిశీలనంగానే అని పిస్తాయి.

వస్తువులు, ఉద్దేశ్యాలు సూచించే ఈ పదాలు నున్ హట్టన్ జిల్లావారిచేమాత్రమే కనిపెట్టబడ్డవికావు. గంగగవిరాడ హఠాత్తుగా ఈపదాలు ప్రవేశింపలేదు. మావనజాతి చరిత్ర సంపుటిలో విజ్ఞానశాస్త్రమునే ఒక మహాదృశ్యమైన అధ్యాయం నుండి ఈ పదాలు రూపుదాల్చి బయటకు వచ్చాయి. పదార్థ విజ్ఞానశాస్త్ర సాగరములో యాభై సంవత్సరాల నుంచి నెమ్మదిగా పైకిలేస్తూ యిప్పటికి సంపూర్ణ స్వరూపము దాల్చిన తరంగ ఫలితమే-పరమాణుశాస్త్రము నిర్మాణము, పరమాణుశక్తి విడుదల. పరమాణుశక్తిని గురించి అర్థంచేసుకొనవలెనంటే. ఆ తరంగముయొక్క ఉత్పత్తి, గతి, ధర్మాలు తెలుసుకోవాలి. అంటే దాని అర్థం పరమాణునిర్మాణం తెలుసుకోవడమన్నమాట.

ఏకజాతికణములు కలిగిన బంతి -

- పరమాణువు

## 1. పరమాణువు తెందుకు ?

పరమాణుశక్తి, పరమాణుభాంబులను గురించి మాట్లాడేటప్పుడు - యీనూతన ప్రచండశక్తులు, పరమాణు అంతర్నిర్మాణమునాండి విడుదల అవుతాయనే విషయం మనకు చూజాయగా తెలుసును. ఇంతటితో మనం ఆగిపోతాము. పరమాణుఅంతర్గత కార్యకలాపం సంగతి అట్లాఉంచి, అసలు పరమాణువు లనేవి ఉన్నట్లుగా నువ్వు ఎట్లా తెలుసుకున్నావని ఎవరన్నాడిగితే, ఉన్నవాళాన వెంటనే మనం జవాబు చెప్పలేక పోవచ్చును. పరమాణు ఉనికిగురించి ఊహించటం ఏనా సర్వసామాన్యులకు మిగతా విషయాలు తెలియవు.

పరమాణువులను గురించి మనం ఎందుకు మాట్లాడతాము. పదార్థములన్నీ అనేక పరమాణువుల కూడికవల్ల ఏర్పడిన వని ఎందుకు అంటామా? బల్ల, కుర్చీలలాంటి వస్తువులు ఇనుము, పంచదారలాంటి పదార్థములు అవిరామ (Continuous) రూపము కలిగివున్నాయి. నీరు, నీటి ఉన్న గ్లాసుకూడా అవిరామ పదార్థాలుగా ఉన్నాయి. గ్లాసుకనక అవిరామ పదార్థము కాదు అని నీరు దానిని డి బయటకు వచ్చేస్తుంది.

అవిరామ స్వరూపాలుగా కనిపించే వస్తువులు, పదార్థాలు, యదార్థానికి వాటి నిజమైన నిర్మాణమును సూచించేవి కావని, క్రీస్తుకు 400 సంవత్సరములకు పూర్వమే డెమోక్రటస్ అనే తత్వవేత్త అనుమానించాడు. యదార్థానికి, పదార్థమనేది విరామ (Discontinuous) స్వరూపమై ఉండవచ్చునని ఆయన సూచించాడు. పదార్థములన్నీ అతినూత్నమైన భాగాలతో నిర్మింపబడతాయనీ, ఆ భాగాలను అంతకుంటే సూక్ష్మతరం చేయడానికి ఏమి కాదేమోనని ఆయన ఊహించాడు. ఈ భాగాలను ఆయన పరమాణువులని పేర్కొన్నాడు. డెమోక్రిటస్ కే యిలాంటి విచిత్రమైన ఆలోచన తట్టడానికి కారణం ఏమిటి?

సర్వసామాన్యమైన అనుభవమే దీనికి జవాబు నివ్వగలదు. మనం నిత్యం వాడుకునే ఉప్పును నీటిలో వేస్తే అది కరిగిపోయింది. కాఫీలో పంచదార కరిగిపోయింది. అదే విధంగా సర్వసామాన్యమైన అనేక వస్తువులు, నీళ్ళలోగాని ద్రవపదార్థాలలోగాని వేస్తే కరిగిపోతాయి. పైకి కనపడే విధంగా నీరే గనక అవిరామమైతే, ఉప్పుగాని పంచదారగాని దానిలో కరిగేందుకు తావేడండదు. నీళ్ళలో రంధ్రాలుఉండి తీరాలి. పైగా నీటి రంధ్రాలలో జొరబడగలిగినంత సూక్ష్మంగా సూక్ష్మంగా ఉప్పు పంచదారల కణాలు ఉండితీరాలి. అట్లా ఉంటేనే ఈ పదార్థాలు నీటిలో కరిగి కంటికి కనిపించకుండా మాయమౌతాయి.

మరొక అనుభవంద్వారా యీ విషయాన్ని మరింత చక్కగా తెలుసుకోవచ్చును. ఒక గ్లాసులో నీరు తీసుకుని,

ఏదైనా రంగుపదార్థ స్ఫటికాన్ని గ్లాసు అడుగుభాగాన ఉంచండి, అతినెమ్మదిగా, ఏ విధమైన కదలికా అవసరం లేకుండానే రంగు, నీళ్ళలో కరిగి అంతటా విస్తరించటం ప్రారంభిస్తుంది. ఈ కార్యకలాపం త్వరితగతినీ పూర్తిచేయడానికీ నీళ్ళను రంగు ద్రవాన్ని మనం కలియబెట్టుతాము. పర్యవసానం ఏమంటే నీటికి బదులు గ్లాసులో పూర్తిరంగు ద్రావకం ప్రత్యక్షమౌతుంది. ఒకదానితో ఒకటి పెనవేసుకొని సమైక్యం కాగలిగినంత అతినూత్నకణములతో రంగుపదార్థం, నీరు నిర్మింపబడి ఉన్నాయన్నమాట. రంగు కరగటం ప్రారంభంకాగానే నీటి కణాల మధ్యనున్న ఖాళీజాగాలలో జొరబడి సమైక్యమై పోయింది.

సామాన్యంగా మనఎరికలోనున్న మరొక అనుభవాన్ని గుర్తుకు తెచ్చుకుందాం. ఒక లోటా నీటిలో మరొక లోటా ఆల్కహాల్ను కలిపితే వచ్చే మిశ్రమ పరిమాణం రెండు లోటాల పరిమాణానికన్నా తక్కువగా ఉంటుంది. నీటి కణముల మధ్యనున్న జాగాలలోకి కొంతభాగం ఆల్కహాల్ జొచ్చుకుపోతుంది, అదేవిధంగా ఆల్కహాల్ కణముల మధ్యనున్న జాగాలలోకి కొంత భాగం నీరు జొరబడుతుంది.

ఈ విధంగా సంభవించటం ఒక్కనీటిలోను ద్రవములలోనేకాదు; గాలిలోను, ఘనపదార్థములలోనుగూడా యీ విధంగానే జరుగుతుంది. ఉదాహరణకు ప్రక్కఇంట్లో చేస్తున్న వేపుడు వంటతాటూకు సువాసన, గాలిలో విస్తరించి చివరకు మన నాసికా ద్వారాలను తట్టుతుంది. ఇంకా ఒకటి: గాలిలో ఖాళీ

జాగాలు ఉండితీరాలి ఈ రంధ్రాలద్వారానే సువాసన విస్తరించి మనదాకా వస్తుంది.

వాడిగాను పరిశుభ్రంగాను ఉన్న ఒక బంగాళు కడ్డి అంచును ఆదేవిధమైన వెండి కడ్డి అంచుతో దగ్గరగా తాకించి ఒత్తిడి నుపయోగించి కొన్ని నెలలపాటు అట్లాఉంచి, తర్వాత విడదీసి చూస్తే బంగారుకడ్డిలో వెండి కణాలు, వెండి కడ్డిలో బంగారుకణాలు కనిపిస్తాయి. బంగారు వెండికణాలు సరిహద్దును దాటి పలసపోయినవి. వాయువు మరొకవాయువులో విస్తరించునట్లుగాను, ఘనపదార్థాలు ద్రవములలో కరుగునట్లుగాను, ఘనపదార్థాలలోకి చొచ్చుకొని పోగలవు.

దీనినిబట్టి పదార్థముల స్వరూపం యధార్థం కాదని తెలుస్తుంది. అవిరామస్వరూపంతో ఉన్నట్లుగా పదార్థాలు మనకు భ్రాంతిని కలిగిస్తాయి. అన్నిపదార్థాలలోను-అవి ఘన పదార్థాలలో సహితం అంతులేనన్ని రంధ్రాలు ఉన్నాయి. పదార్థములోని అంతర్భాగములైన-కణములనే పరమాణువులంటాము. పరమాణువుకు పరమాణువుకు మధ్యగల రంధ్రాలనే ఖాళీజాగాలని చెప్పవచ్చును.

## 2. పరమాణువులు, అణువులు

విస్తరించుట, ఒకదానిలో నొకటి చొచ్చుకొనిపోవుట అనెడు పదార్థస్వభావ ప్రకృతిననుసరించి పరమాణువుల ఉనికిని మనము ఊహించ వచ్చును. పరమాణువుల స్వభావాదులను గురించి తుణ్ణంగా తెలుసుకోవడానికి యింకా అనేక దృష్టాంతాలు ఉన్నాయి. ఈ కారణాలను అర్థంచేసుకొనడానికి వీలుగా

పదార్థముయొక్క ధర్మాలు ఏమిటో మనం అధికంగా తెలుసుకోవలసి ఉంది.

కొయ్య, రొట్టె, చిక్కుళ్ళు, జున్ను, పంచదార, శిరోజాలు మొదలైన సర్వసామాన్యమైనవస్తువులతో కథ ప్రారంభించటం మంచిది. ఈ పదార్థాలను కాల్చినా మాడ్చినా ఏటి నుంచి అంగారము లేక బొగ్గు లభ్యమౌతుంది. ఈబొగ్గు ఏవస్తువు నుంచి వచ్చినదైనప్పటికీ, పరిశుభ్రవరచి శుద్ధిచేసి చూస్తే ఒకే లక్షణం కలిగి ఉంటుంది. కొయ్యలోగాని, పంచదారలో గాని బొగ్గు ప్రక్షధమంనుంచీ ఉన్నదా లేక కాల్చినప్పుడు ఉత్పత్తి అయినదా అనే ప్రశ్నకు జవాబు ఏనాడో లభించినది. కాల్చబడక పూర్వమే పదార్థంలో కర్బనం ఉన్నదని మ.కి తెలుసు. అది ఎందువల్లనో ముందుముందు తేటతెల్లమౌతుంది.

ఆప్లములు లేక అమోనియా మొదలైన తొరములు, బెన్జైన్, లేక డజన్లకొద్ది ఇతరపదార్థాలతో కర్బనమును మరిగించి మార్చడానికి ప్రయత్నించినా, దానిలో ఏవిధమైన మార్పు సంభవించదు. ఎన్ని రకాల ప్రయత్నించినా చివరకు అది కర్బనంగానే తిరిగి వస్తుంది. కర్బనం తనయొక్క స్వరూపాన్ని ధర్మాలను మార్చుకునేటట్లు చేయటం మన తరంకాదు. అది కర్బనంగానే ఉండిపోతుంది గాలిలో విపరీతంగా కాల్చినప్పుడు అది వాయురూపంలోకి నెమ్మదిగా మారుమౌతుంది. ఈ వాయువును బంధించే దానినుండి కర్బనమును తిరిగి తయారు చేయవచ్చును.

వెన్న మొదలుకొని చలువరాతివరకును గల అనేక సామాన్యపదార్థాలలోను, సంక్లిష్టపదార్థములలోను ఈ కర్బనం

నిశూఢంగా ఉంటుంది. ఈ పదార్థాలలోనుంచి బయటకు లాగి కేర్బనం తన యధాపూర్వక స్వరూపాన్ని ధర్మాన్ని తాల్చేటట్లు చెయ్యవచ్చును. దీనిని యంతకన్న సున్నితమైన పదార్థంగా మార్చుచెయ్యడానికి వీలులేదు-కాబట్టి కేర్బనం అంటే ఒక అవిభాజ్య ప్రాథమిక పదార్థం అనవచ్చును.

అనేక రకములైన సంకీర్ణపదార్థములనుండి కేర్బనం బయటికి వచ్చేటట్లుగానే - తగరము, రాగి, బంగారము, గంధకము, ఉదజని, హీలియం, ఇనుము, పాదరసము మొదలైన ప్రాథమిక పదార్థములను ప్రపంచమునందు అధిక సంఖ్యలో లభించే వస్తువులనుంచి పొందవచ్చును. ప్రతి పదార్థానికీ అద్భుతమైన లక్షణాలు, ధర్మాలు ఉన్నాయి. ఒక ప్రాథమిక పదార్థానికీ మిగతా పదార్థాలకీ ఎక్కడా పోలికే ఉండదు. దేని ప్రత్యేక లక్షణాలు దానికి ఉంటాయి. ఏ రసాయనిక కార్యకలాపమూ ఒక ప్రాథమిక పదార్థాన్ని మరొక ప్రాథమిక పదార్థంగా మార్చలేదు. ఎంతటి విపరీతమైన రసాయనిక చర్య కేర్బనాన్ని బంగారంగాను, గంధకాన్ని పాదరసంగానూ, సల్ఫరు వెండిగాను మార్చలేదు. అవి ఏకఋప ప్రాథమిక పదార్థములు. 1940 సంవత్సరానికి ఇలాంటి తొమ్మిదేండు పదార్థాలను గురించి శాస్త్రజ్ఞులకు తెలుసును. ఈ పదార్థాలను రసాయన మూలపదార్థములనీ, క్లుప్తంగా మూలపదార్థములనీ అంటారు. పరమాణుబాటు నిర్మాణ కార్యక్రమాభివృద్ధి కారణంగా మరొక ఏడు మూలపదార్థాలు బయటికి వచ్చాయి. ఇవి ప్రకృతిలో ఎక్కడా లభ్యంకావు;

మానవుడు తయారుచేసిన రసాయన మూలపదార్థములు అని వీటిని అవచచ్చును.

ప్రపంచంలో అసంఖ్యాకంగా కనిపించే రకరకాల వస్తువులూ, ఈమూలపదార్థములు రెళ్ళు, మూళ్ళు, నాలుగులూ, ఐదులూ కలియటంవల్లనే ఏర్పడుతూ ఉన్నాయి. కర్బనం, ఉదాహరణకు, ప్రాణవాయువు కలియకవల్ల పంచదార తయారైంది. సున్నం, కర్బనము, ప్రాణవాయువు కలిసి చలవరాయి తయారైంది. సిలికాన్, ప్రాణవాయువు కలిసి ఇసుక తయారైంది. ఈవిధంగా తొంభైరెండు మూలపదార్థాల వివిధసమ్మేళనమువల్ల ఈసృష్టిలోని పదార్థములన్నీ రూపొందాయి.

మూలపదార్థములన్నీ ఏకరూపధారు లవటం, ప్రత్యేక లక్షణాలు కలిగిఉంటువల్ల - (పదార్థమంతా పరమాణు కణములచే నిర్మింపబడినదని మనం గ్రహించేఉన్నాం - ) ప్రతి మూలపదార్థములోను చేరి ఉన్న పరమాణువులుకూడా ప్రత్యేకలక్షణాలుకలవిగా ఉండించటం సమంజసమనితోస్తుంది. ఈవిధంగా రాగి, కర్బనము, బంగారము, వెండి, ఉదాహరణకు, అల్యూమినియం మూలపదార్థాలలోని పరమాణువులు, వేటి కవి ప్రత్యేకత కలిగిఉన్నట్లు మనం ఎంచవచ్చును. తొంభై తొమ్మిది మూలపదార్థములలోనూ, తొంభైతొమ్మిది రకముల ప్రత్యేకధర్మాలుగల పరమాణువులున్నాయని ఉహించవచ్చును. ఈ ఉహాగానంయొక్క యదార్థస్వరూపం, కథముందుకు నడుస్తున్న కొద్దీ విపులంగా విశదమౌతుంది.

ప్రపంచంలోని అన్నివస్తువులూ రసాయన మూలపదార్థాల సమ్మేళనంవల్ల సిద్ధించినవే. కుండలు, కుర్చీలు



పంపేడు, రగ్గులు మొదలైన వస్తువులు. ఇనుము, కొయ్య, పార్చ్మెంట్ పత్తి, ఊలు మొదలైనవదార్థాలతో నిర్మింపబడ్డాయి. ఈ వదార్థాల నిర్మాణంలో స్వతస్సిద్ధమైన సంకీర్ణత ఉన్నది. ఉదాహరణకు కొయ్యను తీసుకుందాము. అది అంతటా ఒకేవిధంగా ఉండదు. గట్టివి, మెత్తనివి అయిన నారల అల్లికలవల్ల దానిలో చిన్న గింజలులాంటివి ఏర్పడతాయి. ఈ అల్లికల మార్పులవల్ల కొయ్యలోగూడా అనేకరకాలు ఏర్పడుతున్నాయి. అందువల్ల కొయ్యను ఏకజాతివదార్థం కాదనవలసిఉంటుంది. దీనిని పరిశుద్ధిచేసి సంపూర్ణంగా ఏకజాతీకరణంచేసేందుకు వీలులేదు. కాని కొయ్యలో ముఖ్యవదార్థమైన సెల్యూలోజ్ ను అంతటా ఒకేవిధంగా ఉండేట్లు పరిశుద్ధి చేయవచ్చును. ఆవిధంగా పరిశుద్ధిఅయినవి, పునరుత్పత్తి చేయగలవి. ఏకజాతీయత కలవి అయినవస్తువులను, పరిశుద్ధవదార్థములు (Pure Substances) అంటారు. ఇలాంటి పరిశుద్ధవదార్థములు వందలూ వేలూ ఉన్నాయి. పంచదార ఒక వదార్థము. టేబిల్ సాల్ట్ మరొకవదార్థం. అల్యూమినం, ఇనుము, రసకర్పూరం, సోడా బైకార్బోనేట్, సున్నం, పెన్సిలిన్, వజ్రం, ఆల్కహాల్, డి. డి. టీ. పరిశుద్ధ వదార్థములుగా తయారుచేయటానికి ఉదాహరణములు. వదార్థములోని అన్ని భాగాలు ఒకేతీరున ఉంటాయి.

అసంఖ్యాకమైన ఈ పరిశుద్ధవదార్థములను రసాయనికముగా పరీక్షచేసి రెండురకములుగా విభజించవచ్చును. మనకు ఇంతకుపూర్వమే తెలిసిన ఇనుము, అల్యూమినం, కర్బనము మొదలైనతొంభైరెండు మూలవదార్థములూ ఒకవర్గము. ఏవిధ

మైన రసాయనిక చర్యవల్లా వీటికి రసాయనికవియోగం కలగదు. ఇక మిగిలిన రెండవవర్గములోని పదార్థములకు రసాయనికచర్య వల్ల వియోగం కల్పించి తొంభైతొమ్మిది మూలపదార్థాలలోను కొన్నింటిని రాబట్టవచ్చును. ఈపరిశుద్ధ, వియోగపదార్థములు (Decomposable Substances) మూలపదార్థముల సమ్మేళనంతో తయారు అవుతాయి. వీటిని రసాయన సమ్మేళనపదార్థములు (Chemical Compounds) అని అంటారు.

సంయోగపదార్థముల స్వభావము, అవి తయారయ్యే విధానమూ - ఇనుము, గంధకముల ప్రవర్తనద్వారా తెలుసుకొనవచ్చును. ఇనుము గంధకమూ రెండుగూడా మూల పదార్థములే. రెండూ ఘనపదార్థములే. వాటిని రెండింటినీ మెత్తటి పొడిగా చూర్ణముచేసి కలగలపుగా గుచ్చి ఎత్తినా అవి యింకా ఇనుము గంధకంగానే ఉంటాయి. సూక్ష్మ దర్శిని క్రింద పరీక్షచేసి చూస్తే, వేరువేరు రంగులతో ఒకదాని పక్క ఒకటి వేరువేరుగా ఉన్నట్లు కనిపిస్తాయి. ఈ మిశ్రమాన్నే గంధక వేడిచేస్తే రసాయనశాస్త్ర అద్భుతప్రక్రియ ప్రారంభం అవుతుంది. వేడిచెందిన ఆ పదార్థంలో మార్పు వస్తుంది. విడివిడిగావున్న రెండు పదార్థాలూ మాయమైపోతాయి. ఒక కొత్త పదార్థం ఉద్భవిస్తుంది. ఇనుము, గంధకము సంయోగము చెందగా ఏర్పడినదే యీరూపన పదార్థము. ఇది లోహ గంధకీదము. దీని రూపము, ప్రవర్తన మొదలైనవన్నీ గంధకము, లోహలక్షణములకు విరుద్ధంగా ఉంటాయి. దీనిని పరిశుభ్రపరచి శుద్ధిచేయవచ్చును. ఈ సంయోగపదార్థము - అంతటా ఒకేతీరున ఉంటుంది. లోహగంధకీదము ప్రకృతిలో

స్ఫటికరూపంలో దొరుకుతుంది. బంగారాన్ని పోలిఉండటం వల్ల దీనికి వెర్రివాని బంగారం (Fools gold) అని పేరువచ్చింది.

ఈ విధమైన సంయోగపదార్థముల అంతిమ నిర్మాణ విధానం ఎట్టిది? అవిగూడా నూత్నమైన నూత్నమైన కణములతోనే నిర్మితమవుతాయి. ఎందువల్లనంటే అవి ద్రవాలలో కరిగి విస్తరించగలవు. ఇలాంటి ప్రవర్తనకు ఉదాహరణములుగా మనం ప్రప్రథమంలో తీసుకున్న సమ్మేళన పదార్థములు. పంచదార, ఉప్పు సమ్మేళన పదార్థములలో - సమ్మేళనలో పాల్గొన్న మూలపదార్థముల కణములన్నీ పరమాణువులవల్లనే నిర్మితమవుతున్నాయని భావన. ఈ విధంగా ఒక గంధక పరమాణువు ఒక లోహపరమాణువు కలిసి - లోహగంధకదము అనే అణువుగా మారిపోతున్నాయి. సంయోగపదార్థములలో అతిసూక్ష్మభాగము అణువు.

తొంభైరెండు పదార్థములలోనూ-ఒకటిగాని అంతకన్న ఎక్కువగాని మూలపదార్థముల పరమాణువులు కలిసి అణువు (Atom) గా అవుతున్నాయి. సమ్మేళనపదార్థములలో పాల్గొన్న మూలపదార్థములను తేలికగా విడదీయవచ్చును. గనుక అణువులోని పరమాణువులన్నీ తమ ప్రత్యేకతను చాలాభాగం నిలుపుకొంటాయి. సమ్మేళనపదార్థం ఎంత జటిలమైనదన్నా కావచ్చును. అణువు ఎంత పెద్దదైనా కావచ్చును. అయినప్పటికీ దానిలో పాల్గొన్న మూలపదార్థాలను తిరిగి తీసుకొని రావచ్చును. మరోవిధంగా చెప్పాలంటే-అణువులోని పరమాణువుల నన్నింటినీ వేటి కవి వేరుచేయవచ్చును.

ఇంతకుపూర్వం పరకూ. పరమాణువును గురించి అణువును గురించి వినవచ్చేదంతా భావనమాత్రమేనని గట్టిగా అనడానికి వీలుండేది; ఎందువల్లనంటే-ఎవరూగూడా అణువును పరమాణువును కంటితో చూచినపాపానపోలేదు. ఎంతశక్తి వంతమైన సూక్ష్మదర్శిని (Micro Scope) నువయోగించినా యిది సాధ్యంకాదు. కాంతి సూక్ష్మదర్శిని (Light Micro Scope), విషయంలో గనుక అయితే యీవిషయం యిప్పటికీ నిజమే. కాని ఎలక్ట్రాన్ సూక్ష్మదర్శినిలో కాంతికిరణాలస్థానే ఎలక్ట్రాన్ ప్రవాహాన్ని రప్పించటంవల్ల ఈ యిబ్బంది తొలగిపోయింది. ముఖ్యంగా వేలాది పరమాణువులతోనిండిన ప్రోటీన్ అణువు చిత్రము అతి స్పష్టంగా యిందు కనిపిస్తుంది. ఇదిచాలా పెద్ద అణువు. ఇటీవల మరో సాధనం కనుగొన్నారు. దీనిద్వారా పండ్లపరమాణువులకన్న తక్కువవున్న (Phthalocyanin) అనే రంగుపదార్థముయొక్క అణువును చూడటానికి సాధ్యమైనది.

అణువు ప్రపంచములోనికి ప్రవధమంగా తేరిబార చూసేందుకు అవకాశం లభించడానికి పూర్వమే-యీ అణువుల ఊనికిని గురించిన వాగ్వివాదములను శాస్త్రజ్ఞులు ఉపసంహరించుకొన్నారు. మానవుని బుద్ధిబల ప్రవాహానికి కారణంగా అణువులు పరమాణువులు అనేవి ఊహించబడినవి. సామాన్య పదార్థముల ప్రవర్తనను గురించి విశదీకరించి చెప్పడానికివీలుగా ఉపకరించినవి. పదార్థమనేది, అణువులతోను పరమాణువులతోనూ నిర్మింపబడినట్లుగా భావిస్తే కంటికి కనిపించే అనేక సంఘటనలు సులభంగా సుబోధక మౌతాయి. పదార్థముయొక్క ధర్మములను గురించి, వివిధ ద్రవ్యముల ప్రవర్తనను

గురించి ఎంత ఎక్కువగా తెలుసుకుంటే అంతగా అణు పరమాణు ఉనికిని గురించిన విషయాలుపట్ల మనకు నమ్మకం కలుగుతుంది. ఎలక్ట్రాన్ పరమాణుదర్శిని ద్వారా అణుస్వరూపాన్ని గుర్తించకపూర్వమే శాస్త్రజ్ఞులకు యీ విషయంలో స్థిరనమ్మకాలు ఏర్పడ్డాయి.

పదార్థముల విస్తరణ స్వభావము, మూలపదార్థములు రూపాంతరము చెందకుండా ఉండేగుణమూ, సంయోగపదార్థముల ఏకజాతీయ (Homogeneity) ధర్మమూ, సంయోగపదార్థములోని మూలపదార్థములు సులభముగా తమ యదార్థస్వరూపములను దాల్చుగల సౌలభ్యమూ - ఈ ప్రకృతులను మనం పరిశీలించి చూస్తాము. ఈ పరిశీలనగురించి చెప్పేటప్పుడు అణువులు పరమాణువులయొక్క ఉనికిని మనం ఊహిస్తాము. మనం భావించినవిధంగా అణువులు పరమాణువులు ఉన్నవీ అంటే, సామాన్యపదార్థములన్నీ కొన్ని స్థిరధర్మాలను కలిగి ఉండాలి. ఈ ధర్మాలు ఇట్లా ఉంటవని మనం ముందుగానే చెప్పగలం. ఈవిధంగా జోస్యం చెప్పినపదార్థధర్మాలు యదార్థమైతే అణువులు పరమాణువులను గురించి మనం ఊహించిన కారణాలకు బలించిక్కిందన్నమాట. ఒకవిషయమును గురించిన సమాచారము, వివరణ - వీటి పరస్పరాభివృద్ధియే విజ్ఞానశాస్త్రము యొక్క సారాంశం. అంచేలువారీగా అభివృద్ధిచెందిన పరమాణుశక్తి స్వరూపవిజ్ఞానంయొక్క చరిత్ర ఎంతో అద్భుతం అనిపిస్తుంది. అణువులను గురించి కలలు కన్న శాస్త్రజ్ఞులు, మొట్టమొదటసారి వాటి ఛాయాచిత్రములను చూచి ఆనంద

దంలో మునకలు వేశారు. తాము ఊహించినవిధంగానే అణు స్వరూపం ఉండటం వారికి ఆశ్చర్యం కలిగించలేదు.

### 3. పరమాణు ధోరణులు

పదు నెనిమిదవ శతాబ్దపు చివరిభాగంలో - మూలపదార్థములకు, సంయోగ పదార్థములకు గల తారతమ్యములు తేటతెల్లమయినవి. ఫ్రెంచివిద్వాంసలో మృతిచెందిన ప్రఖ్యాత రసాయనశాస్త్రవేత్త అన్ టోయిన్ లెవోషియర్, తనకు తెలిసినంతవరకు, యీపై మూలపదార్థములను పట్టికగా తయారు చేయగలిగాడు మూలపదార్థములతోను, సంయోగపదార్థములతోను లెవోషియర్ అనేక ప్రయోగాలు జరిపి, ముఖ్యమైన మూలసూత్రాన్ని కనుగొన్నాడు. ఒక పదార్థం మరొక పదార్థంగా మారినా, మూలపదార్థాలు సంయోగపదార్థంగాను, లేక సంయోగపదార్థం మూలపదార్థాలుగా మారినా ఆ చర్యలో పాల్గొన్న వస్తుభారంలో మార్పు ఏరూ ఉండదని ఆశూత్రంయొక్క సారాంశం. దీనినే పదార్థ పరిమాణ నిత్యత్వ సూత్రము (Principle of the Conservation of matter) అని అంటారు. పదార్థాలని ఏమిచేసినాసరే, ఒకదానితో ఒకటి సంఘటిత పడినప్పుడు వాటి ధర్మాలలో మార్పులు వచ్చును గాక, రసాయనచర్య తర్వాత అవి ఏరూపమునైనా ధరించి వచ్చునుగాక, చత్యకుపూర్వము పదార్థములబరువు ఎంత ఉన్నదో, తర్వాతగూడా అంతేబరువు ఉంటుంది. ఏమాత్రము తేడా ఉండదు.

లెవోషియర్ పరిశీలించిన ప్రయోగాన్నే మనంగూడా పరిశీలించి చూద్దాము. కాలుతూఉన్న కొవ్వొత్తిని తీసుకోండి. కొవ్వొత్తి కాలేటప్పుడు అది నెమ్మదిగా మూయిపోతుంది. దాని స్థానంలో వాయువులు ఏర్పడతాయి. దానితోపాటు కొవ్వొత్తిని ఆవరించిఉన్న గాలిలో మాస్సు వచ్చి అది పీల్చడానికి పనికిరాకుండా పోయింది. కాలిన కొవ్వొత్తియొక్క వెచ్చని కొవ్వు చుట్టూఉన్న గాలిలోని (ఈ గాలిని లెవోషియర్, స్వేచ్ఛావాయువు అన్నాడు) ప్రాణవాయువుతో కలిసి నీటి ఆవిరిగాను కర్బన ద్వయోష్ణజనిదము (లెవోషియర్ భాషలో స్థిగవాయువు) గాను మారుతుంది. ఈ చర్యను సమీకరణంగా మనం యివిధంగా వ్రాయవచ్చును.

కొవ్వొత్తి + స్వేచ్ఛావాయువు = స్థిరవాయువు + నీటి ఆవిరి మాయమైపోయిన కొవ్వొత్తి బరువును దానితో కలిసిన ప్రాణవాయువు బరువును కలిపి, ఆమొత్తం బరువు రసాయన చర్య కారణంగా ఏర్పడిన కర్బన ద్వయోష్ణజనిదము, నీటి యావిరుల బరువుమొత్తానికి సరిసమానంగా ఉన్నటుల లెవోషియర్ కనుగొన్నాడు.

రసాయన విక్రియలలో పాల్గొనే పదార్థములు : వాయువులు, ఘనపదార్థములు, ద్రవములు మొదటా చివరాయాడా ఒకే భారమును కలిగిఉంటాయి. వాటి ద్రవ్యపరిమాణభారములో ఎట్టి మార్పు ఉండదు. అయితే, ముఖ్యంగా జాగ్రత్త తీసుకోవలసిన విషయం ఏమంటే, రసాయనచర్యలో పాల్గొనే ప్రతి పదార్థముయొక్క బరువును కొలవాలి. అదేవిధంగా

చర్య అనంతరంగుడాచేయాలి. ఆ విధంగాచేస్తే ద్రవ్యరాసిలో ఏ విధమైన తరుగులేదని మనకు తెలుస్తుంది. అప్పుడు సమీకరణంలో కుడి ఎడమలు సరిసమానంగా ఉంటాయి.

పదార్థపరిమాణ నిత్యత్వమును-అతి సులభంగా అణువులు పరమాణువులకు ఆపాదింపవచ్చును. ఏ ఏ పదార్థము యొక్క పరమాణువులైనా ఆపదార్థముయొక్క ద్రవ్యరాసి నంతా కలిగిఉంటాయి. అణువులుగా మారేందుకుగాను పరమాణువులు ఏవిధానాన కలిసినాసరే, అవి తమ ద్రవ్యరాసిని తమతోనే మోసుకుని వెడుతూఉంటాయి. ఇది ముఖ్యంగా తెలుసుకోవలసిన విషయం. రసాయనచర్య అనంతరం ఏర్పడే పదార్థములమీద జరిపిన ప్రయోగములుకూడా, ద్రవ్యరాసిని గురించి అనేక ముఖ్యవిషయాలను తెలియజేశాయి. సంయోగ ద్రవ్యముగా ఏర్పడటానికి, మూలపదార్థములు సమ్మేళనం చెందినప్పుడు అవి ఎల్లప్పుడు స్థిరమైనపాళ్ళలోనే ఆ క్రియలో పాల్గొంటాయనే సత్యం వెల్లడి అయింది.

ఉదాహరణకు: బొగ్గును కాల్చినప్పుడు బరువుప్రకారం 31 వంతుల బొగ్గు 81 వంతుల ప్రాణవాయువుతో కలుస్తుంది. ఆ విధంగా పరిసరవాయువులలోనుంచి 81 ఔన్సుల ప్రాణవాయువును తీసుకొని 31 ఔన్సుల బొగ్గుమండుతుంది. అదేవిధంగా గాలిలోని ఉడజని నీటి ఆవిరిగా మారినప్పుడు ఈ చర్యలో పాల్గొన్న ప్రాణవాయువు బరువులో ఉడజనికన్నా ఎనిమిది రెట్లు అధికంగా ఉంటుంది. ఇదే వద్దతిలో పంచదార, నీరు కర్పన ద్వితీయాష్టజనిదము, పాలరాయి, సల్ఫోడియజైన్ మొదలైన పరిశుద్ధ రసాయన సంయోగపదార్థములను గనుక



తీసుకుని పరీక్షించి మాస్తే బరువును పట్టి వాటిలోని మూల పదార్థాలు స్థిరమైన పాళ్ళలో వున్నట్లుగా మనకు బోధపడు తుంది. పడకొండు పౌనుల కర్బన ద్వియాష్లుజనితమునుంచి మూడు పౌనుల కర్బనము, ఎనిమిది పౌనుల ప్రాణవాయువు; తొమ్మిది పౌనుల నీటినుంచి ఒకపౌను ఉదజని ఎనిమిది పౌనుల ప్రాణవాయువు పొందవచ్చును.

మూలపదార్థముల సమ్మేళనములోగాని, సంయోగ పదార్థముల కూర్పులోగాని కనిపించే స్థిరమైన పాళ్ళను గురించి మనకు తెలిసిన విషయం ఇప్పుడు అతిసహజమేనని తెలుస్తుంది. నూటయూభై సంవత్సరాల వెనుకకు మనం ఒక ఒకసారి ప్రయాణించటం అవునరం. ఆ రోజుల్లో 'లెహ్మియర్' మొదలైన శాస్త్రజ్ఞులకు తెలిసిన విషయమల్లా ఏమంటే - ఏ గాలి అయితే మానవుడు పీల్చుకోడానికి, కొవ్వుతి వెలగడానికి ఉపకరిస్తుందో, అదే గాలిలో అనేక కొవ్వుత్తుల్ని గనుక కాలిస్తే ఈరెండు వనులకు అక్కరకు రాకుండాపోతుంది. స్వేచ్ఛావాయువు స్థిరవాయువుగా మారిపోతుంది. స్థిర వాయువు మానవులు పీల్చుకోడానికి, కొవ్వుతి వెలగడానికి ఉపయోగ పడకుండా పోవటానికి కారణం ఏమిటో తెలుసుకోవటమే శాస్త్రజ్ఞుల ముఖ్యసమస్య. కొవ్వుతి కాలేటప్పుడు గాలిలోని కొంత ప్రాణవాయువును గ్రహించి, కర్బన ద్వియాష్లుజనితము వంటి నూతన పదార్థమును విడుదలచేసింది. విజ్ఞానశాస్త్ర పరిణామంలో యిదొక అనుభవం.

పదార్థములు సమ్మేళనం చెందేటప్పుడు స్థిరమైన పాళ్ళ లోనే కలుస్తవి - అనే సత్యాన్ని గ్రహించటంతో రసాయన

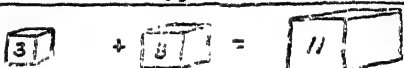

విజ్ఞానమునకు శాస్త్రముగా అర్హత లభించింది. పదార్థ స్వభావము లేక లక్షణమును తెలుసుకొనడానికి యిదొకమెట్టు అయినది. ఈమెట్టును అధిరోపించి నవీన పరమాణు సిద్ధాంతమునకు 1808 లో జాన్ డాల్టన్ మార్గదర్శకు డయ్యాడు. డెమొక్రిటీస్, తాత్త్వికదృష్ట్యా పరమాణువులను గురించి ఊహాగానంచేశాడు. ఆనాడు పరమాణువులను గురించి ఊహలేగాని, వాటి ఉనికినిగూర్చి ఋజువుపరచడానికి ఆధారాలులేవు. పదార్థమనేది పరమాణుమయమనీ, వాటిని వేరుచేయడానికి వీలుకాదనీ, పదార్థము విరామస్వరూపమనీ డెమొక్రిటీస్ నూచించాడు. డాల్టన్ ఈ మెట్టునుంచే ప్రారంభించి ముందడుగువేశాడు. పరమాణువులను గురించి శాస్త్రసిద్ధమైన ఒక కాల्పనిక సిద్ధాంతాన్ని (Hypothesis) ఆయన బయటపెట్టాడు.

మూలపదార్థము పరమాణువులతో నిర్మింపబడి ఉంటుంది గనుక, ఆ పరమాణువులన్నీ ఒకేతీరున ఉంటాయి. అనే ఉద్దేశ్యాన్ని డాల్టన్ వెలిబుచ్చాడు. కర్బనంలోని అన్ని పరమాణువులు ఒకేరీతిని ఉంటాయి; ఉదజని పరమాణువులన్నీ ఒకేతీరున ఉంటాయి; ఇనుముయొక్క పరమాణువులన్నీ ఒకరకంగా ఉంటాయి. అంతేకాదు, వివిధ మూలపదార్థముల పరమాణువులు, వివిధభారములను కలిగిఉంటాయి. అనిగూడా ఆయననూచించాడు. ప్రాణవాయువు పరమాణువు, ఉదజని పరమాణువుకన్నా బరువుగాఉంటుంది. ఇనుముయొక్క పరమాణువు ప్రాణవాయువు పరమాణువుకన్నా అధిక భారంగా ఉంటుంది. ఒకరకమైన పరమాణువులు రెళ్ళుగాను మూళ్ళుగాను మరొకరకమైన పరమాణువులతో కలిసినప్పుడు,

అణువులో అవేమీ మార్పుచెందవు. సంయోగపదార్థము లోని అణువులో పరమాణువులు ఒక స్థిరమైన సంఖ్యలో ఉంటాయి. కాబట్టి అణువుయొక్క బరువు, దానిలో ఉన్న పరమాణువులయొక్క మొత్తము బరువునకు సమానము. మూలపదార్థములు సమ్మేళనం చెందేటప్పుడు అవి స్థిరమైన పాళ్ళలోనే ఎందుకు కలుస్తాయో మనకి సుబోధక మాతోంది.

ఇప్పుడు మనం తెలుసుకున్నది ఒక యదార్థశాస్త్ర సిద్ధాంతం అవటంవల్ల, అది ఎక్కడకు దారితీస్తుందో అక్కడికి మనంగూడా అనుసరిద్దాము. కర్బన ద్వితీయాంశ జనిదమును పరిశీలిద్దాం. కర్బనద్వితీయాంశ జనిదముగా మారుటకు, కర్బనము ప్రాణవాయువు కలుస్తవి. బరువునుపట్టి 3 పాళ్ళు కర్బనము, 8 పాళ్ళు ప్రాణవాయువు సమలీనమాతవి. ఇది మొదటి చిత్రములో చూపబడినది. కర్బన ద్వితీయాంశ జనిదము అణువు ఏర్పడునప్పుడు, ఒక కర్బన పరమాణువు రెండు ప్రాణవాయువు పరమాణువులు కలిసిన వనుకొనండి. 3 యూనిట్ల బరువుతోగే కర్బనపరమాణువుతో పోల్చిచూస్తే, రెండు పరమాణువుల ప్రాణవాయువు, 8 యూనిట్లబరువు తూగుతుంది. రెండు ప్రాణవాయువు పరమాణువులు 8 యూనిట్లు బరువుగలవి. 3 యూనిట్ల బరువుగల కర్బన పరమాణువుతో పోల్చిచూస్తే ప్రతి ప్రాణవాయు పరమాణువు 4 యూనిట్ల బరువు వుండి తీరాలి. దీని నిష్పత్తి 3 : 4 కర్బనము ప్రాణవాయువుల తారతమ్యభారములు 6 : 8 లేక 12 : 16 అని వ్రాయవచ్చును. ఈవిధంగా 12 : 16 అని వ్రాయటానికి కారణం ఏమిటో పేటిని గురించి మనం పరిశీలించినప్పుడు తెలుస్తుంది.

బరువునుబట్టి నీటిలో 1 పాలు ఉదజని 8 పాళ్ళు ప్రాణ వాయువు ఉన్నాయి. ఒక నీటి అణువులో ప్రతి ప్రాణవాయు పరమాణువు రెండు ఉదజని పరమాణువులతో కలిసినదని అనుకొందము. ఉదజనియొక్క రెండు పరమాణువులు కలిసి వాటి బరువు ఒక యూనిట్, ఒక్కొక్క పరమాణువు  $\frac{1}{2}$  యూనిట్. ఉదజని ప్రాణవాయువుల తారతమ్య భారములు- $\frac{1}{2} : 8$ ; ఈ నిష్పత్తిని 1:16 అని వ్రాయవలసి ఉంటుంది.

	Reaction	Carbon + Oxygen = Carbon Dioxide
Fact	In Bulk (pounds)	
	Combining Weights	3 + 8 = 11
Theory	Atoms	
	Equation	C + 2 O = CO <sub>2</sub>
	Relative Weights	3 + 8 x 1 = 11
	Atomic and Molecular Weights	12 + 2 x 16 = 44

### 1 వ పటము

ఒక ప్రాణవాయు పరమాణువుయొక్క భారము, 16 యూనిట్ల ద్రవ్యరాసిగా మనం ఉజ్జాయింపు నిలువనయిదాము. ఈనిష్పత్తులను అనుసరించి ఉదజని పరమాణు భారము 1, కర్బన పరమాణువు యొక్క భారము 12. ఉదజని కర్బనము, ప్రాణవాయువులయొక్క పరమాణువుల తారతమ్య

భారములు, అవి కర్బనద్వితీయాన్ని జనిదము నీళ్ళుగా మారేందుకు ఏ ఏ స్థిరపాళ్ళలో కలుస్తాయో వాటిని బట్టే యీవిలువలు నిర్ణయింపబడ్డాయి. డాల్టన్ పండితుని కాలపనిక సిద్ధాంతం (Hypothesis) లో ఇది ఒక భాగం. వివిధ మూలపదార్థముల పరమాణువులు వివిధ బరువులను కలిగిఉంటాయి, అదే తారతమ్యముతో సంయోగపదార్థములో కలిసేటప్పుడు సమ్మేళన మౌతాయి.-అని ఆయన సూచించాడు. మనోక యదార్థ సత్యం, ఒక సిద్ధాంతం లభించాయి. సమ్మేళనభారములు అని పిలువబడే స్థిరమైన పాళ్ళలో, మూలపదార్థములు కలిసి సంయోగపదార్థము లవుతున్నాయి. ఇది యదార్థ సత్యము. ఇక సిద్ధాంతం ఏమంటే-తారతమ్య భారములు అనేక, మూల పదార్థములు పరమాణువులు ఏ ఏ తారతమ్య భారములతో నిర్మితమైనాయో వాటిమీద ఆధారపడి ఉన్నాయి.

ఈ విషయాలను చెప్పేటప్పుడు సమ్మేళన భారములకు నేను పూర్ణసంఖ్యలను ఉపయోగించాను. ఇది సదుపాయం కోసం మాత్రమే కాదు, మొదటి భిన్నాంశమునుబట్టి చూచినా సరియైనదేనని తెలుస్తుంది. కాని మొదటి భిన్నాంశము మాత్రమే. ఇదిగూడా ఒక విచిత్రమైన విషయమే.

డాల్టన్ పండితుని రోజులలో అనేక మూలపదార్థముల సమ్మేళన భారములను యధాతథంగా తెలుసుకోవడానికి ప్రయత్నాలు జరిగాయి. ప్రాణవాయువునకు పరమాణుభారం ఉజ్జాయింపుగా 16 అని నిర్ణయించటంవలన, మిగతా మూల పదార్థముల పరమాణుభారములుగూడా నిర్ణయింపబడినవి. పరమాణు భారముల ననుసరించి ఆయా మూలపదార్థములను

క్రమపరిస్తే దానివల్ల అనేక విషయాలు తెలుస్తవి. అప్పటికి తెలిసిన మొదటి పన్నెండు మూలపదార్థాలూ ఏవంటే:—

ఉదజని	H	1.01
లిథియం	Li	6.94
బెరిలియం	Be	9.02
బోరాన్	B	10.82
కార్బనము	C	12.01
నత్రజని	N	14.01
ప్రాణవాయువు	O	16.00
ఫ్లోరిన్	F	19.00
సోడియం	Na	23.00
మెగ్నీషియా	Mg	24.32
అల్యూమినం	Al	26.97
సిలికాన్	Si	28.06



ఈవరుసక్రమాన్ని పరిశీలించి చూడండి. మెగ్నీషియా, బోరాన్ మినహా మిగతా మూలపదార్థముల పరమాణుభారములు దాదాపు పూర్ణసంఖ్యలేగాని యదార్థానికి పూర్ణ సంఖ్యలు మాత్రంకావు. ఉదజనియొక్క పరమాణుభారము 1. మిగతా సంఖ్యలన్నీ యీసంఖ్యకు గుణిజాలుగా ఉన్నట్లుగా కనిపిస్తాయి. అంతర గుణిజములు, సంపూర్ణాంకములతోకూడిన ఆకరణ, పరమాణుభారముల సమస్యనుండి ఎప్పటికీ విడిచి పోలేదు. ఇది కొంతకాలంపాటు విజ్ఞానశాస్త్రరంగాన్ని పరిపాలించింది. డాల్టన్ పండితుని సమకాలికుడైన విలియం ప్రౌట్,

అన్ని మూలపదార్థములు అసలు ఉదజనితోనే నిర్మితమై సవా  
అనే ఉద్దేశ్యంలో గూడా పడ్డాడు. పరమాణుభారములు యదా  
ర్థానికి పూర్ణసంఖ్యలే. మరికొన్నిటి విలువ దశగణక సంఖ్య  
లోనికి వెళ్ళింది. ఈ సత్యాలన్నీ ఋజువవటంవల్ల, ప్రాబ్  
షరడితుని కాల্পనిక సిద్ధాంతాన్ని గ్రోసివేయవలసి వచ్చింది.  
ఈ కథలో మనం ముందుకు వెడుతున్న కొద్దీ, ఈసంపూర్ణాంక  
ములలో శాస్త్రజ్ఞుల ఆసక్తి, పదార్థములను గురించి నూతన  
తత్వాలు తెలిసినప్పుడల్లా పైకి వస్తూనేవుంది. శ్రద్ధతో సునిశి  
తంగా కొలిచిన కొలతలవల్ల తెలిసిన సారాంశం ఏమంటే -  
ఆశించిన ప్రకారం సంపూర్ణాంకములు సిద్ధించలేదు. ఆశించిన  
దానికి, యదార్థానికిగల తేడావల్ల, అణుపరమాణువుల నిర్మా  
ణము - ప్రవర్తనలలో ఒక నూతనప్రకృతిని గ్రహించడానికి  
గాను మనం మళ్ళీ వలసిఉన్నది.

#### 4. వరుసక్రమంలో పరమాణువులు :

డాల్టన్ పండితుని పరమాణు సిద్ధాంతం, పర్యావృద్ధవ  
శతాబ్ది ప్రారంభంలో రూపుదొడిగింది. వీలైనన్ని మూలపదా  
ర్థముల ఆచోకి తెలుసుకోవాలనే ఉబలాటానికి అది శక్తివంత  
మైన ఉత్తేజాన్ని కలిగించింది. ఆ శతాబ్ది మధ్య కాలానికిల్లా  
డెబైలైఅయిదు మూలపదార్థాలని వేటికవి నేనుచేసి పరిశీలనలు  
చేశాము. ఆపదార్థముల ధర్మములు రసాయన రంగంలోని  
వారికి సుబోధకమైపోయినవి. మూలపదార్థముల పరమాణు  
భారములు వేర్వేరుగా ఉంటవనీ, వాటి సన్నిధిలో ఒక వరుస  
క్రమంలో ఏర్పాటుచేయవచ్చుననీ, మొట్టమొదట్లోనే తెలిసింది.

కొన్ని మూలపదార్థములు ఒకదానిని పోలి మరొకటిఉంటాయని, అవిమూడు మూడుగా గుంపుల్లో త్రికము (Triads) లుగా ఉంటాయని, మరొక పరిశీలనవల్ల తెలిసింది. అన్నింటిలోకి అతి ప్రాచీనమైనది అందరికీ తెలిసినది రాగి, వెండి, బంగారు త్రికము. అంతగా తెలియని త్రికము-లిథియం, సోడియం, పొటాసియములగుంపు. ఇవి పరిశుద్ధిఅయి తళతళమెరిసే మెత్తటి లోహములు. కాని గాలి తగులుతూ ఉంటే వీటి కాంతి తగిలి పోతుంది. పరిశుద్ధరూపంలో ఉన్న ఈమూడు పదార్థాలకి నీరు తగులుతే విపరీతమైన విక్రియ జరుగుతుంది. అంచువల్ల వీటిని కిరసనాయిలులో ముంచి ఉంచాలి. పైగా, సంయోగ పదార్థములలో వీటిని ఒకదానికి బదులు మరొకదానిని వాడవచ్చును. ఈ మూడుపదార్థాల సమ్మేళన ద్రవ్యాలు ఒకే విధంగావుంటాయి. మనం నిత్యం వాడుకునే ఉప్పు-సోడియం క్లోరైడ్, తెల్లగాను ఉప్పగాను స్ఫటికాకారంలోను ఉండి నులువుగా నీటిలో కరిగిపోతుంది. అదేవిధంగా లిథియం క్లోరైడ్, పొటాషియం క్లోరైడ్ ఉంటాయి.

పంథొమ్మిదవ శతాబ్ది ప్రారంభంలో ఇలాంటి మరికొన్ని మూలపదార్థాలే మూడు మూడుచొప్పున గుంపులుగా కనుగొనబడ్డాయి. అన్ని మూలపదార్థములు తెలియనందున కొన్ని త్రయకములు అవాంతరములుగా భావించబడినవి. అనేక నూతన మూలపదార్థములు కనుగొనబడి, వేటికవి వేరుకావడంతో ఒక్కొక్క గుంపులో ఒకేరీతిని ప్రవర్తించే పదార్థములు - మూళ్ళు, నాలుగులు, ఐదులు, ఒక్కొక్కప్పుడు ఆరులుగా ఉంటాయని గుర్తించబడింది.



పోలికలు కలిగిన మూలపదార్థముల గుంపులు నిజానికి మనస్సుకి చికాకు కలిగిస్తాయి. వేరువేరుగా 63.6, 107.9, 197.2 పరమాణు భారములు కలిగిన రాసి, వెండి, బంగారం ఒకేవిధంగా ఎట్లా ఉన్నాయి. 32.1, 35.5 పరమాణు భారములు కలిగిన పచ్చని ఘనపదార్థ గంధకము, ఆకుపచ్చని వాయువు హరినము విభేదంగా ఉన్నవి ఎందువల్ల? వీటినిగురించి చాలామంది అనేకరకాలుగా ఊహించారు. అనేకవద్ధతులలో మూలపదార్థాలను అమర్చడానికి ప్రయత్నించారు. కాని 1869 వరకు ఏవిధమైన ఫలితం కలుగలేదు. అప్పుడు రష్యన్ రసాయనతత్వవేత్త డిమెట్రీ ఐ. మెండెలీవ్ 'ఆవర్తనపట్టిక' అని పిలువబడే ఒక క్రమంలో మూలపదార్థాలను అమర్చాడు. ఈ మూలపదార్థావర్తన పట్టిక (Periodic Table) ఆయా పదార్థములనుగురించిన సమాచారమును సంఘటిత పరచడమేగాకుండా అంతవరకు కనుగొనబడని మూలపదార్థముల ధర్మములనుగురించి జోస్యం చెప్పడానికికూడా వీలు కలిగించింది. ఈ మూలపదార్థావర్తనపట్టిక ఆధారంగానే ఆయా పదార్థములకు సంబంధించిన భౌతిక రసాయన విజ్ఞానం అభివృద్ధి చెందినది. పదార్థధర్మములను వినరించడానికి ముందు ముందు శాస్త్రరంగంలో అనేకప్రయోగములు జరపడానికి, ఇది ఎంతో తోడ్పడింది. నవీన పరమాణు భౌతిక రసాయన శాస్త్రముల అభివృద్ధికి యిదే పునాదిరాయి.

మూలపదార్థావర్తన పట్టిక (Periodic Table) ను ఎట్లా నిర్మించాలో తెలుసుకుందాము. ఒక పొడుగుసాటి పీలికమీద తొంభైతొమ్మిది మూలపదార్థములను వరుసక్రమంలో వాటి

పుతో ముగుస్తుంది. ఇక అయిదవచుట్టు సోడియం, ఫోటాషి  
యములను పోలిన రుబిడియంతో ప్రారంభమై, హీలియం  
నియాన్లను పోలిన క్షెనాన్ (Xenon) అనే వాయు పదార్థంతో  
ముగుస్తుంది. దీనినిబట్టి తెలిసేదేమంటే, మొదటా చివరా నిలువు  
గళ్ళలో ఉన్న మూలపదార్థములన్నీ ఏక పోలికలు గలవని  
బోధపడుతుంది.

మిగతా నిలువుగళ్ళు-చిన్నవాటిని గూడా కలుపుకుని  
యిదే పదతిన ఉంటాయి. మూలపదార్థము 29 సంఖ్య కింద  
ఉన్న మన పూర్వ స్నేహితులు రాగి వెండి బంగారముల  
త్రికాన్ని గుర్తించండి. లేదా ఏటికి ప్రక్కనే ఉన్న మూల  
పదార్థములను చూడండి. జింక్, కాడిమియం, మెర్క్యూరీ-  
ఈ త్రయకం, రసవాదుల (Alchemists) కాలం నాటికే  
తెలిసిఉన్నది. ప్రతిచోటలోనుంచి ఉపాత్యము (Penultimate)  
లైన మూలపదార్థములతో ఏర్పడిన వరుసను పరిక్షించండి.  
ప్లోరిన్, క్లోరిన్, బ్రోమిన్, ఐడిన్-ఈపదార్థములలో మొదటివి  
మూడు హానికరమైన వాయువులనీ, ఇక నాలుగవదియైన  
ఐడిన్; సామాన్యఉష్ణతకే వాసనతోకూడిన వాయువుగా  
మారుతుందనీ అందరికీ తెలుసు.

హీలియం క్రిందుగా నిలువుగళ్ళలో ఉన్న మూల  
పదార్థముల వరుస, అన్నింటిలోకి అతి విచిత్రమైనది - అన్నీ  
వాయువులే. మెండెలిఫ్ కాలంనాటికి ఏటిశంగతే ఎవరికీ తెలి  
యదు. ఏటి వునికినిగురించి అనుమానించినవారుగూడా లేరు.  
1890 అనంతరం లార్డ్ రేలే, విలియం రాంసే ఏటిని కనుగొ  
న్నారు. రాడాన్ మినహాయించి మిగతావి స్వల్పమొత్తాలుగా

గాలిలో దొరుకుతాయి. వాటిని ఉత్తమవాయువులు (Noble gases) అని అంటారు. ఎందువల్లనంటే అవి ఇతర మూలపదార్థములతో కలియవు. తమలోతాము సంతృప్తిచెందిఉన్నట్లుగా అవి ప్రవర్తిస్తాయి. మిగతా మూలపదార్థాలు యితరపదార్థాలతో సునాయాసంగా సమ్మేళనం చెందుతాయి. కాని ఉత్తమవాయువులకి ఆ ప్రసక్తలేదు. అవి ఒకదానికింద ఒకటిగా ప్రతిచుట్టు ఆఖరునా వస్తాయి.

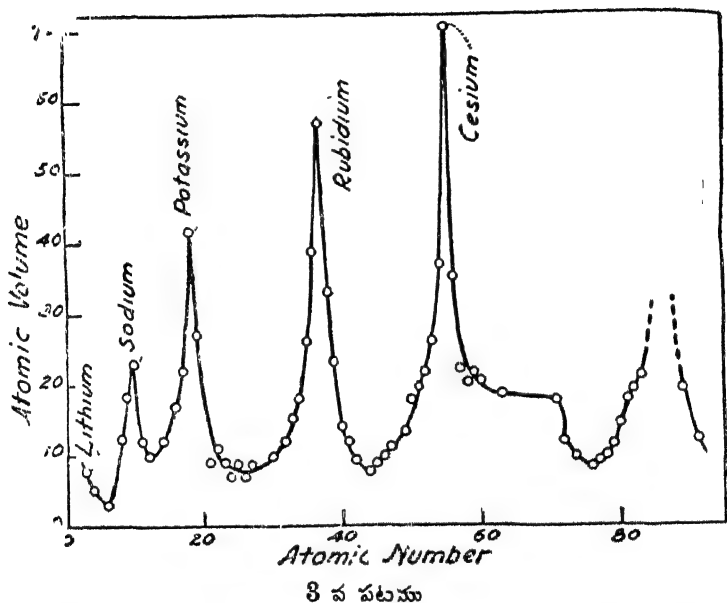
మెండెలీఫ్ ఆవర్తనపట్టికను తయారుచేసేనాటికి డబ్ల్యు అయిదు మూలపదార్థములనుగురించే తెలుసును. ఇప్పుడు ఉన్నవిధంగా అప్పుడు, మూలపదార్థధర్మముల క్రమమును తెలుసుకునే సులువులేదు. ఆవర్తనపట్టికలో అనేక ఖాళీచోగాలను వదలవలసివచ్చింది. ఇక లభ్యమైన మూలపదార్థములను నేటిస్థానములో వాటిని అమర్చడానికి ఎంతో మేధస్సు శక్తి సామర్థ్యములు, సృజనాత్మక శక్తి అవసరం. మెండెలీఫ్ ఈవిషయంలో అద్భుతమైన ప్రతిభను ప్రదర్శించాడు. అంతేకాదు, అప్పటికి ఎరికలేని మూలపదార్థముల ఉనికినిగురించి జోస్యం చెప్పటమే గాకుండా వాటి తారతమ్య లక్షణాలనుకూడా ఆయన నిర్భయంగా నిస్సందేహంగా వెలిబుచ్చాడు. కాలం గడచినకొద్దీ మెండెలీఫ్ జోస్యం చెప్పిన విషయాలు యదార్థ సత్యాలని ఋజువయ్యాయి. ఈ జోస్యానికి ఉదాహరణగా మూలపదార్థావర్తనపట్టికయందలి నాలుగవ అడ్డుచుట్టులోని 32 వ గడి తీసుకుందాము. ఈ పదార్థము నిలుపుగళ్ళలో సిలికాన్ కేటిన్ కి మధ్యగా నున్నది. దీనిని ఇప్పుడు జెర్మనీయం (Germanium) అంటున్నారు. 1871లోనే మెండెలీఫ్ దీనిఉనికిని

గురించి జోస్యం చెప్పాడు. ఆయన ఈ పదార్థానికి 'ఎకా - సిలికాన్' అని నామకరణం చేశాడు. ఈ పదార్థం ఊదా - తెలుపురంగులో ఉంటుందనీ, గాలిలో కాల్చినప్పుడు తెల్లని భస్మంగా మారుతుందనీ, ఆమ్లములు, ఔషధముల చర్యవల్ల మారుపుడుండదని ఆయన చెప్పాడు. అంతేగాకుండా దానియొక్క పరమాణు బరువు, సాంద్రత, పరమాణుపరిమాణము, క్వధ నాంకము (Boiling Point) లకు స్థిరమైన విలువలుగూడా చెప్పాడు. పదిహేను సంవత్సరాల అనంతరం 'క్లెమెన్స్ విన్ క్లర్' అనే శాస్త్రజ్ఞుడు ఈ పదార్థమును కనిపెట్టి, వేరు చేశాడు. మెండెలీఫ్ జోస్యం చెప్పిన ధర్మాలన్నీ యదార్థము లని ఆయన తెలుసుకున్నాడు. సర్వత్రా జరిగేవిధంగానే, స్వజాతీయ అభిమాన కారణాన్ని పురస్కరించుకుని ఆ మూల పదార్థానికి జెర్మానియం అని నామకరణం చేశాడు.

తెలియని విషయాన్ని గురించి జోస్యం చెప్పటం అనేది ఒక అద్భుతప్రక్రియ అనిపిస్తుంది. తెలియని విషయము పరిమాణ ధర్మాలను గురించి జోస్యం చెప్పటం అనేది అతి నిగూఢమైన అద్భుతం అనవచ్చును. ఒక్కొక్కప్పుడు ఈ వద్ధి అతిసులభము, ఊహకందే విషయమే ననిపిస్తుంది. ఒక్కొక్కప్పుడు అత్యంత శక్తి, సామర్థ్యములు అనుభవమూ కల శాస్త్రజ్ఞుడు పదార్థధర్మాలను ఊహగా చెప్పగలడు. ప్రస్తుత సందర్భములో మూలపదార్థముల ధర్మములు ఒక క్రమమును అనుసరించిఉన్నవి. పరమాణుభారముల ననుసరించి మూలపదార్థములను గనక అమర్చితే క్రమవిరామాల్లో

(Regular Intervals) ఒకే పోలికగల ధర్మాలు లభ్యమౌతాయి.

ఉదాహరణకు, నిలువుగళ్ళలో లిథియం క్రింది గడిచోని మూలపదార్థమేదో తెలియజనుకుందాము: పేవ చిత్రమును బట్టి మనం ఒక సూత్రం తెలుసుకోవచ్చును. పరమాణు



ఘనపరిమాణానికీ (Volume) వివిధములైన మూలపదార్థాలకు గల సంబంధం దీనివల్ల వ్యక్తమౌతుంది. మూలపదార్థ డ్రవ్యము, గ్రాము (1/28 జెన్ను) నందు ఆవరించిన ఘన పరిమాణం లేక ఆవరణ (Volume or space), దాని పరమాణు

భారమునకు సమానము. ఇదే పరమాణు పరిమాణము (Atomic volume). ఆ విధంగా 6.94 గ్రాముల లిథియం 9.02 గ్రాముల బెరెలియం 12.01 గ్రాముల కర్బనము మొదలుగాగలవి తీసుకున్న పరిమాణములే వాటి పరమాణు ఘనపరిమాణము. పరమాణుభారము అధికమైనకొద్దీ, మూల పదార్థముల ధర్మములు వలయాన్ని అనుసరించి ఉంటాయి. మూలపదార్థావర్తన పట్టికలో లిథియం క్రిందనున్న గళ్ళలోని పదార్థములు, ప్రతి వలయంలోను అత్యధిక పరమాణు భారాన్ని పొందగలుగుతున్నాయి. వీటిలో సోడియం, పొటాసియం, రుబెడియం, సెసియం ఉన్నవి. మిగతా పదార్థముల విలువలు, ఈ శిఖరాల మధ్యనున్న వాలుల్లోను, లోయల్లోనూ విశ్రమిస్తాయి. తెలియని మూలపదార్థముయొక్క పరమాణుభారమును లెక్కించగానే ఘనమారుగా దానియొక్క పరమాణు పరిమాణమును, పీరియాడిక్ గ్రాఫ్ ను దాని ఉనికి స్థానమునుబట్టి గుణించవచ్చును.

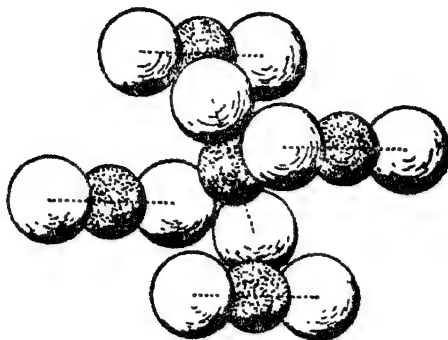
ప్రప్రథమంగా, మెండెలీఫ్ మూలపదార్థావర్తన పట్టికను తయారుచేసినప్పుడు, దానిలో ఎన్నో ఖాళీగళ్ళు ఉన్నాయి. పోలికలున్న పదార్థములను నిలుపుగళ్ళల్లో అమర్చడంవల్ల, ఆయన ఈ పట్టికను నిర్మించడానికి సాధ్యమైనది. ఇప్పుడు ఖాళీజాగాలన్నీ పూరింపబడినవి. మనంచేసిన విధంగా మూలపదార్థములను 1 మొదలు 99 వరకు ఏర్పాటు చేయవచ్చును. మూలపదార్థముల సంఖ్యాక్రమం ఒక పెన్నిధిగా భాసిల్లింది. పరమాణు భారములకన్నా యిది అత్యంత సహాయకారి. హీలియం మొదలు యురేనియం వరకు ప్రతి

మూలపదార్థమునకూగల పరమాణు సంఖ్యనుబట్టి, ఎక్కడ దేనిస్థానమో గ్రహించవచ్చును. ఒకే లక్షణాలుగల మూల పదార్థాలు - విడివిడిగా రెండు, ఎనిమిది, పదేనిమిది, ముప్పై రెండు మూలపదార్థాలుగా క్రమవిరామ్యాంశ ఉన్నటుల పదార్థావర్తన పట్టిక తెలుపుతుంది.

ఈసంఖ్యల అర్థమేమిటో వీటిని గురించి మూలపదార్థావర్తన పట్టిక ఏమి తెలియజేస్తుందో, తెలుసుకోవాలని మనకు ఆసక్తి ఉంటుంది. పరమాణు అంతర్భాగమును గురించి తేట తెల్లము చేసేవి ఈసంఖ్యలు. పంథొమ్మదన శతాబ్ది అంతంలో కూడా పరమాణువుల అంతర్భాగమును గురించి ఎవ్వరికీ తెలియదు. రసాయన శాస్త్రజ్ఞులుగాని, పదార్థతత్వశేత్రులుగాని పరమాణువును గురించి ఆలోచిస్తే, అది గుండ్రంగా గట్టిగా బెలియర్ బంతిలాగా ఉంటుందని భావించేవారు.

ఈ ఊహాసిద్ధాంతం, రసాయనశాస్త్ర పరిజ్ఞానమునకు కొంత ఉపకరిస్తుంది. డి.డి.టి పెన్సిలిన్ రబ్బర్ మొదలైన సంకీర్ణాణువులను నిర్మించే జీవరసాయన శాస్త్రజ్ఞులుగూడా వేరు విధంగా భావించారు. సంయోగ పదార్థ స్ఫటికాకృతి నిర్మాణమును గురించి తెలియజేసే ఖనిజ పదార్థ తత్వశేత్రులకు కూడా, ఈసిద్ధాంతమే యిప్పటికీ ఆధారం. రసాయన సమ్మేళన పదార్థములను గురించి చెప్పటానికి ప్రతిచోటా ఉపయో

గించే చిత్రపటమే యిందుకు ఉదాహరణము. ఇది కర్బన  
ద్వియామ్ల జనిత ఘనముయొక్క చిత్రపటము. అణువులోని



4 వ పటము

పరమాణువుల అమరిక సంయోగ పదార్థ ధర్మాలకు అను  
గుణంగా ఉంటుంది.



## II

### సంకీర్ణ పరమాణు స్వరూపము

#### 1 పరమాణువుల ఉపరిభాగము

పరమాణువు, ఏకజాతీయత (Homo geneous) స్థితి స్థావకత్వము (Elasticity) కలిగియున్నదనే సిద్ధాంతం, అవసరానికి అక్కరకువచ్చే కట్టుకథమాత్రమేనని, వర్ణాన్నిదప శతాబ్ది తుదిభాగానికి పూర్వమే రసాయనశాస్త్రజ్ఞులకు తెలుసును. వదార్థ నిర్మాణమునుగురించి అనేక విషయాలను అది విశదీకరిస్తుంది; కాని నిజమనేందుకు వీలులేదు. దానికి అనేక కారణాలు ఉన్నాయి. ఈ కారణాలవర్గీకరణ పరమాణువులను గురించి మనకున్న అభిప్రాయాలకు మెరుగులు దిద్దేందుకు, నూతన సమాచారాన్ని అందచేయడానికి తోడ్పడుతుంది.

పరమాణువులు ఒకదానితో ఒకటి కలిసి అణువులుగా ఏర్పడతవనే సత్యంనుంచి పరమాణువుల సంపూర్ణ ఏకజాతీయతను గురించిన అనుమానం ఒకటి కలుగుతున్నది. బిలియర్డ్ బంతులు ఒకదానితో ఒకటి అతికించుకుపోవు. రెట్టేగాను మూళ్ళుగాను స్థిరమైన సమ్మేళనములలో ప్రవేశించవు. కాని

పరమాణువులు కలుస్తవి ; అవి ఒకదానితో ఒకటి అంటుకొని పోతాయి గనుక, పరస్పరం గట్టిగా పెనవేసుకొనిపోవడానికి వీలుగా ఉపరిభాగంలో ఏవో ప్రత్యేకవర్షాట్లు ఉండితీరాలి. అంటిపెట్టుకునేవద్దతికి రసాయనతత్వవేత్తలు 'బంధములు' అని పేరుపెట్టారు; వివిధమూలపదార్థములకు కలిగియున్న బంధముల బలము, సంఖ్యల యందలి స్థిరమైన క్రమపద్ధతిని, త్వరలోనే శాస్త్రజ్ఞులు కనుగొన్నారు.

ఒక ఉదాహరణ పరమాణువును గాని, దానికి సరిసమానమైనదానినిగాని, మరొకపరమాణువు పట్టుకోగల సామర్థ్యమును, పరమాణుబంధముని నిర్వచించవచ్చును. ఉదాహరణకు  $H^2$  నీరులో ఒకప్రాణవాయు పరమాణువు 2 ఉదాహరణ పరమాణువులను బంధిస్తోంది. కాబట్టి దీనికి బంధములున్నవన్నమాట.  $CH_4$  మిథేన్‌లో ఒక కర్బన పరమాణువు నాలుగు ఉదాహరణ పరమాణువులను బంధిస్తున్నది. కాబట్టి దీనికి నాలుగుబంధములున్నవి. ఇంతే గాకుండా ప్రతిప్రాణవాయు పరమాణువునకు రెండు బంధములుండటం వలన, కర్బనము రెండు ప్రాణవాయు పరమాణువులను  $O_2$  : కర్బన ద్వియాష్ట జనిదములో బంధించకలదు.  $NH_3$  : అమ్మోనియాలో ఉన్నట్లుగా ఒక నత్రజని పరమాణువు 3 ఉదాహరణ పరమాణువులను బంధించగలదు. కాబట్టి దీనికి మూడు బంధములున్నవన్నమాట.

మూలపదార్థావర్తనపట్టికయందు నిలువుగళ్ళలోనున్న పదార్థములన్నీ ఒకే సంఖ్యలో పరమాణుబంధములు కలిగి ఉంటాయి. పరమాణువులు గాకుండా మూల పదార్థములనుగురించి ముచ్చటించేటప్పుడు, ఈబంధనములను పరమాణు

గ్రహణశక్తి (Valency) గా పేర్కొంటారు. ఈవిధంగా ఉదజనికి ఒకబంధం ప్రాణవాయువునకు రెండు, సత్రజనికి మూడు బంధములు ఉన్నాయి.

అణుజాతులు (Molecular Species) ఒకదాని నుంచి మరొక జాతిలోకో లేక అనేక యితర జాతులలోకో పరివర్తన చెందుటలోనే అన్నిరసాయన విక్రియలు (Reactions) ఇమిడి ఉన్నాయి. ఉదాహరణకు - కొయ్య కాల్సెప్పడు సెల్యూలోజ్ యొక్క కర్బనము, ఉదజని, ప్రాణవాయువు పరమాణువులతోకూడిన అణువు, గాలిలోని ప్రాణవాయు అణువులతో యితోధికంగా సమ్మేళనంపొంది, నీరుగాను, కర్బన ద్వియామ్ల జనిదము (Carbon dioxide) అణువులుగా పరివర్తన చెందుతుంది. అణువులలోని పరమాణువులు తమ బంధముల సహాయంతో వేరే అణువులను ఉత్పత్తి చేయుటకుగాను అణువుల సమ్మేళనములను తిరిగి సగ్గజాతు చేయవచ్చును.

కొన్ని బంధములు మిగతావానికన్న బిగుతుగా ఉంటవి బిగుతు ఎంత ఎక్కువగాఉంటే సంయోగ పదార్థాలు అంత స్థిరంగాఉంటవి. బంధములు వదులుగాఉంటే సంయోగ పదార్థముల స్థిరత్వంగూడా తగ్గుతుంది; అంతేగాకుండా అవి వేటికవి విడిపోయి, శక్తినిగూడా విడుదల చేయవచ్చును. పరమాణువులు యితర పరమాణువులతో తమకుగల సంబంధముల విషయంలో మార్పు కోరనప్పుడు, యీ కార్యకలాపానికి శక్తి (Energy) అవుసరమౌతుంది; లేదా శక్తి విడుదల అవుతుంది. ఇది ప్రథమ అంతిమ పదార్థముల స్థిరత్వముమీద ఆధారపడి ఉంటుంది. ఉష్ణము, విద్యుచ్ఛక్తి గూపాలలో

బయటనుంచి శక్తి లభించినప్పుడు రసాయన విక్రయ జరుగుతుంది; ఇతర విక్రయాలలో ఉష్ణము విద్యుచ్ఛక్తి విడుదల అవుతవి.

మనకు అవసరమైన శక్తిఅంతా సూర్యుని వెలుగు నుంచి వస్తుంది. పచ్చని మొక్కలు ఈ వెలుగును పీల్చుకుని దానిని శక్తిగా ఉపయోగించుకుని, దానితో కర్బనము, ఉదజని ప్రాణవాయువుల సమ్మేళన పదార్థములను నిర్మిస్తాయి. కర్బనము-ఉదజని సమ్మేళనము, వదులుగాఉన్న బంధములను లోగొంటుంది: కాబట్టి శక్తివిషయంలో ఎంతో ఉన్నతపీఠాన్ని అలంకరిస్తుంది. ఇది, గాస్ లేన్, వంచదార, పిండి, కొయ్య మొదలైనవాటిలో ఆవిష్టమైయున్నది. ఈ పదార్థములను ఇంధనములుగా ఉపయోగించునప్పుడు కర్బన - ఉదజని సమ్మేళనకు బదులుగా కర్బన - ప్రాణవాయు సమ్మేళనం సిద్ధిస్తుంది. ఈ బంధము బిగువుగాఉంటుంది. శక్తి స్వల్పంగా ఉంటుంది. ప్రాణవాయు అణువులో రెండు పరమాణువులను కలిపిఉంచిన, వదులుపాటి బంధమునకు బదులుగా నీటిలో ప్రాణవాయు - ఉదజనులను సమ్మేళనచేసే స్థిరమైనబంధము వస్తుంది. విక్రయ (Reaction) కు ప్రారంభంలోను చివరనుగల బంధసమ్మేళనముల మధ్యనుగల శక్తిలోని తేడా, విడుదలఅయి మనకు యంత్రశక్తిని ఉష్ణమును అందజేస్తున్నది.

టి. యస్. టి. లాటి ప్రేలుడు పదార్థములుగూడా మూలపదార్థముల నూతన అమరికతో వాటి బంధములు విడుదలచేసే శక్తివల్ల మాత్రమే పనిచెయ్యగలవు. టి.యస్.టి. ప్రేలినప్పుడు, దానియొక్క పెద్ద అణువు కర్బన ద్వితీయామ్లజని

దము, నీటి ఆవిరి, సత్రజనివాయు అణువులుగా విడిపోయింది. అసలుదైన మొదటి అణువులోవుండే శక్తికన్న నీటి బంధసమ్మేళనములలో శక్తి (Energy) చాలా తక్కువగా ఉంటుంది. శక్తిలోని భేదము ఉష్ణముగా విడుదల అవుతుంది. ఇది ఈ వాయువులమీద పనిచేసి హఠాత్తుగా విస్తరించేటట్లు చేస్తుంది.

బంధములు (Bonds) అనే ఈ ఉపరిభాగపు నిర్మాణము లేమిటి? ఒక పరమాణువు మరొక పరమాణువును అంటిపెట్టుకునే లంకెమాత్రమే బంధము కాదు. ఇదేగనిక నిజమైతే దౌర్జన్య పరమాణువులని, సాత్వికపరమాణువులని ఉండి ఉండాలి. ఇటువంటివి ఉన్నట్లు ఎక్కడా ఋజువులేదు. మూలపదార్థముల ప్రవర్తన ఎట్లాంటిదంటే, ఉదాహరణకు నీరు తీసుకుందాము, - ఒక ప్రాణవాయువు పరమాణువు రెండు ఉదజని పరమాణువులను పట్టుకొన్నదన్నా లేక రెండు పుదజని పరమాణువులు ఒక ప్రాణవాయు పరమాణువును పట్టుకొన్నదన్నా సరియైన మాటే. పరమాణువుల మధ్య ఆంతరంగిక ఏర్పాటుకు బంధములు ప్రాతినిధ్యం వహిస్తాయి. రెండు పరమాణువులు కలిసినప్పుడు తమను కలిపి ఉంచిన బంధమునకు ఏదో విరాళంగా యివ్వటమనేది నిస్సంశయము.

కాని ప్రతిపరమాణువు తనను యితర పరమాణువుతో కలిపి ఉంచే బంధమునకు విరాళముగా నిచ్చునది ఏమిటి? ఈ విషయాన్ని గురించి చాలా సంవత్సరాలవరకు యిదమిత్థంగా ఎవ్వరికీ తెలియదు. రసాయనశాస్త్రజ్ఞులు బంధములను గురించి ఊహించటంతోనే సంతృప్తిచెందారు గాని, దాని యొక్క అర్థమును తెలుసుకోవడానికి వారు అంతగా శ్రద్ధ

ముక్కుకు నూటిగాపోతున్న తేలికపదార్థములను సులభంగా స్వల్పమైన శక్తితో వాటి మార్గంనుంచి ప్రక్కకు త్రోసివేయవచ్చును, లేదా మళ్ళించి వేయవచ్చును.

శూన్యనాళికలో ప్రయాణిస్తూఉన్న విద్యుదావేశముతో నున్న కణములను మళ్ళించడానికి అవసరమైన అయస్కాంత శక్తిని కొలవడంద్వారా జె.జె. థాంసన్ వాటియొక్క ద్రవ్యరాసి (Mass) ని కనుగొన్నాడు. అంతకు పూర్వము కనుగొనబడిన తేలికపదార్థాలకన్నా ఇవి ఆతితేలిక అని తేలింది. ఇంతకు పూర్వము కనుగొనబడిన వాటిలో కల్లా ఉదజని పరమాణువు అత్యంత తేలికయైన పదార్థకణముగా ఎంచ బడింది. ఈవిద్యుదావేశముగల ఒక్కొక్క కణము ఉదజని పరమాణువులో 11840 వంతు ఉంటుంది.

ఈ కృషి ఫలితంగా మనకు పదార్థముయొక్క ఒక నూతన యూనిట్ సంప్రాప్తమయినది. ఉదజని పరమాణువున కన్న యిది, 1840 వంతులు తక్కువ భారముకలది. ఉదజని వలెకాకుండా ఒక యూనిట్ విద్యుత్తును యిది తనవెంట తోడ్కొని పోతుంది. యదార్థానికి ఇది విద్యుచ్ఛక్తియొక్క ఒక యూనిట్ ఆవేశముగా థాంసన్ చూపి ఉన్నాడు. ఆయన యీ కణములను ఎలక్ట్రాన్స్ అని పిలిచాడు. అవే విద్యుత్ ప్రవాహంగా ప్రయోగంద్వారా ఋజువుచేశాడు. విద్యుచ్ఛక్తి అనగా ఎలక్ట్రానులు, విద్యుత్ ప్రవాహంగా సాగినప్పుడు, ఎలక్ట్రానులు ప్రయాణం ప్రారంభించాయన్న మాట.

అన్ని ఎలక్ట్రానులు ఒకే తీరున ఉంటాయి. 5వ చిత్రంలో ఎలక్ట్రానులు ఋణధృవము (Cathod) అని పిలువబడే

ఎడమవైపు లోహాఫలకమునుంచి బయటకు వస్తాయి. ఇది ధన ధృవము (Anode) అని పిలువబడే కుడివైపు లోహాఫలకము వద్దకు ప్రయాణించేస్తాయి. ఈ లోహములు ఏదైనా ఏమీ భేదము ఉండదు ; ఋణధృవమానుంచి విడుదలై ప్రవాహంగా వచ్చే ఎలక్ట్రానులన్నీ ఒకేరీతిని ఉంటాయి. మీ? అన్నిటి బహుశా ఒకటే. అన్నిటికీ ఒకేరకమైన విద్యుదావేశము ఉంటుంది.

శూన్యనాళికగుండా విద్యుచ్ఛక్తి ప్రహించనప్పుడు ఎలక్ట్రానులు ఎక్కడ ఉన్నాయి? తీగెలను కలపనప్పుడు విద్యుత్ ఘటములో (Battery) ఎలక్ట్రానులు ఎక్కడ ఉన్నాయి? పవర్ హౌస్ లో జనరేటర్ తిరగనప్పుడు ఎలక్ట్రానులు ఎక్కడ ఉన్నాయి? ఈ ప్రశ్నలు మనను తిరిగి పరమాణు నిర్మాణము వైపునకు మరలిస్తాయి. విద్యుత్ వలయంలో మీటనొక్కగానే యీ ఎలక్ట్రానులు సృష్టించబడేందుకు అవకాశంలేదు కాబట్టి అవి ఎక్కడో ఉండితీరాలి. అవి ఎక్కడ ఉన్నాయి?

ఎలక్ట్రానులు సర్వసాధారణమైన పదార్థంలో ఉన్నాయి. స్థితిజ విద్యుత్తు (Frictional Electricity) నే తీసుకోండి. ఉన్ని గుడ్డలో రుద్దబడిన అంబరునకు ఋణవిద్యుదావేశము కలిగింది. అంటే అంబరు తన ఉపరిభాగముమీద ఎలక్ట్రానులను సంపాదించిందన్నమాట. వాహక (Conducting) తీగెద్వారా ఉపరిభాగమునుంచి ఎలక్ట్రానులను ప్రయోగింపజేసి వాటిని కొలవవచ్చును. శూన్యనాళికలో ప్రవాహమును కల్పించే ఎలక్ట్రానులు. విద్యుత్ దీపమును వెలిగించే ఎలక్ట్రానులు ఒక్కటే. రుద్దినప్పుడు ఉన్ని గుడ్డనున్న ఎలక్ట్రానులను తొలగించి,

అంబు తన స్వాయత్తం చేసుకున్నది. దీనిఫలితంగా అంబు ఋణవిద్యుత్ ఆవేశముగలదీ, ఉన్నిగుడ్డ ధనవిద్యుదావేశము గలదీ అవుతాయి.

అనేక వస్తువులనుండి ఎలక్ట్రానులను సులభంగా వేరు చేయవచ్చును. తివాసిమీద వేగంగా నడచినప్పుడల్లా యీ పనిని మనం చేస్తూఉంటాము. తివాసీనుంచి ఎలక్ట్రానులన్నీ గుంజి వేయబడి శరీరం ఉపరి భాగముమీద జేరుకొంటుంది. ఎలక్ట్రానులను మన శరీర ఉపరిభాగమునుంచి భూమిలోనికి జేరవేయగలిగిన వాహక పదార్థమైన లోహమును, మనం తాకి నప్పుడు స్పర్శస్థానము (Point of Contact) ద్వారా రవ్వవలె దుముకులు దుముకుతాయి. ఈ సాఘటిత ఎలక్ట్రానుల శక్తి మనకు ముప్పు (Shock) గా పరిణమిస్తుంది.

వస్తువులు ఎంత అమాయకంగా పయికి కనిపించేదిగాక; అనేక పదార్థాలద్వారా వాటిలోని ఎలక్ట్రానులను బయటకు లాగవచ్చును. తోళ్ళు, తివాసులు. రాగి, బంగారము, జున్ను, ఉప్పు, ఆఖరికి నీళ్ళుకూడా ఎలక్ట్రానులనుయిస్తాయి. రేడియో సెట్టులోని శూన్యనాళికలలో జరిగినవిధంగా, శూన్య ప్రదేశ ములో తీగెను వేడిచేయటం ద్వారా, దానిలోని ఎలక్ట్రానుల నన్నింటినీ మరిగించి (Boiling) వేరు చేయవచ్చును. పదార్థ ఉపరిభాగమునకు సమీపమునందువాటిలోకొన్ని ఎలక్ట్రానులు ఉండితీరాలి. వీటిని అతిసులభంగా రుద్దిపారవెయ్యవచ్చును. పదార్థమంతా పరమాణుమయం కాబట్టి, కొన్ని ఎలక్ట్రానులు పరమాణువుల ఉపరిభాగంమీదనో లేక సామీప్యంలోనో ఉండిఉండాలి.



సాధారణంగా-వస్తువులు, వాటి పరమాణువు విద్యుదావేశదృష్ట్యా తటస్థంగా ఉంటాయి. వాటియొక్క ఉపరి భాగము మీది ఎలక్ట్రానులను గుంజవేసినప్పుడు, వస్తువులు-వాటిలోని పరమాణువులు, ధనవిద్యుదావేశమును చెందుతాయి. ఈ ఎలక్ట్రానులను స్వాయత్తం చేసుకున్నవి, ఋణవిద్యుదావేశమును చెందుతాయి. సామాన్య (Normal) లేక తాటస్థ (Newtral) స్థితిలో, పరమాణువులు ధనవిద్యుదావేశముతో చేయబడి, ఋణవిద్యుదావేశము కల ఎలక్ట్రానులతో కలిసిఉన్నట్లుగా గోచరిస్తుంది. పరమాణువులు ఏకజాతీయతకల ఒకేరకమైన బంతులుగా భావించడానికి యిక నేమాత్రము సీలులేదు. వాటికి ఒక నిర్మాణమున్నది. అధమం ఈ నిర్మాణ ఉపరి భాగమునకు, పరమాణువులు జతలుగాకూడి అణువులుగా ఏర్పడేదానితో సంబంధమున్నది.

రెండు పరమాణువులు కలిసినప్పుడు, తమను కలిపి ఉంచిన బంధమునకు అవి కొంత సహాయం చేస్తవనే విషయం మనం చదువుకుని ఉన్నాము. ప్రయోగములను గురించి విశేష భోగట్టాల జోలికిపోకుండా, బంధమునకు ప్రతి పరమాణువూచేసే సహాయం, ఒక ఎలక్ట్రానును యివ్వటమేనని మనం చెప్పవచ్చును. పరమాణువులను కలిపిఉంచే రసాయన బంధములో, దానిలో పాల్గొంటున్న ఒకొక్క పరమాణువునుంచి ఒకొక్క ఎలక్ట్రాన్ చొప్పున జోడు ఎలక్ట్రానులను కలిగి ఉంటుంది. ఈవిధంగా ఉదజని, సోడియంలాటి ఏకబంధన (Monovalent) పరమాణువు ఒక ఉపరిభాగ ఎలక్ట్రాన్ ను కలిగి

ఉంటుంది. ఈ ఎలక్ట్రాన్‌ను మరొక పరమాణువునకిచ్చి, దాని ఎలక్ట్రాన్‌ను అందిపుచ్చుకోవడానికి సిద్ధంగా ఉంటుంది.

పరమాణువులను బంధించియుంచగల రెండు ఎలక్ట్రాన్‌ల బంధమే దీనికి ఫలితం. ద్విబంధము (Divalent) లైన మూలపదార్థాలకి రెండు ఉపరితల ఎలక్ట్రాన్‌లుంటాయి. వీటిని మరొక ద్విబంధ పరమాణువుగాని లేదా రెండు ఏకబంధ పరమాణువులుగాని తీసుకొని అందుకు బదులు తమ ఎలక్ట్రాన్‌లను యివ్వవచ్చును. ఇదేవిధంగా త్రిబంధ (Trivalent) పరమాణువులు.

నీటికి ఈ బంధనాలను వేరుచేయగల ఒక ప్రత్యేక సామర్థ్యం ఉన్నది. పరమాణువులలో ఒకటి, ఎలక్ట్రాన్‌ను వదులుకుని ఋణవిద్యుదావేశముగలది అవుతుంది. మరొక పరమాణువు, ఎలక్ట్రాన్‌ను అందుకొని ఋణవిద్యుదావేశము చెందుతుంది. సర్వసామాన్యమైన ఉష్ణను సోడియం క్లోరైడ్ అని అంటారు.  $\text{NaCl}$  అని వ్రాస్తారు. దీనిలో  $\text{Na}$  అనేది నాట్రీయం లేక సోడియమునకు గుర్తు. జీవితమంతా ఉష్ణను తీనే మనకు యిది తాటస్థపుటణువు (Neutral Molecule) అని తెలుసు. సోడియం క్లోరైడ్ నీటిలో కరిగినప్పుడు, సోడియం ఒక ఎలక్ట్రాన్‌ను వదులుకుని ధనవిద్యుదావేశముగల  $\text{Na}^+$  అవుతుంది, ఈ ఎలక్ట్రాన్‌ను క్లోరిన్ గ్రహించి  $\text{Cl}^-$  అవుతుంది.

ఇప్పుడు ఈ లవణ ద్రవములో విద్యుత్ ప్రవాహమును గనక పంపించినట్లయితే  $\text{Na}^+$  కాథోడ్ లేక ఋణధ్రువము వద్ద ఋణవిద్యుదావేశమును అందుకుంటుంది; తాటస్థ

సోడియం పరమాణువుగా మారి కాథోడోమీదకు చేరుతుంది. కొంత పెద్దసంఖ్యలో సోడియం పరమాణువులు ఋణాధృవము మీదకు చేరడానికి ఎంత పరిమాణము విద్యుత్ లేక ఎలక్ట్రాన్లు అవుసరమవుతాయో మనము కొలతవలన గుర్తించవచ్చును. ఈ పరిమాణాన్ని ఒక ఫారడే (Faraday) విద్యుత్ అని అందాము. ద్రవములో నుంచి అదేసంఖ్యగల పరమాణువులను వేరుచేయడానికి ఎంత విద్యుత్ కావాలోగూడా మనం కొలవవచ్చును. ఫలితం రెండుఫారడేల విద్యుచ్ఛక్తి - ఈవిధంగా సోడియం పరమాణువులతోయూనట్లు, ఒక తాటస్థ్య తామ్ర పరమాణువు రూపొందడానికి దానికన్న రెండురెట్టి ఎలక్ట్రాన్లు అవుసరమౌతవి. మరొకవిధంగా చెప్పితేనంటే ద్రవములో తామ్రము  $Cu^{++}$  సోడియం  $Na^+$ . తామ్రము ద్విబంధయుతము (Devalent.) సోడియం ఏక బంధయుతము (Mono-valent.) ఈ పద్ధతి ఇక్కడ ఒక్కచోటనేకాదు. సోడియం తామ్రములులో నయ్యే అన్ని రసాయన పరివర్తనాలలోను యిదేవిధంగా ఉంటుంది. ఇలాగునే అల్యూమినియం త్రిబంధయుతము (Trivalent) అని మనకు తెలుస్తుంది. ద్రవములో నుంచి తటస్థీకరించి వేరు చేయుటకుగాను మనకు ఎలక్ట్రాన్లును కావలసి ఉంటుంది. కాబట్టి యీ ద్రవములు  $Al^{+++}$ .

$Na^+$  లేక  $Cu^{++}$  లేక  $Cl^-$  మొదలైన వదార్థములును విద్యుదావేశస్థితిలో, సర్వసాధారణంగా అయోనీకీకరణములనీ (Ionized) విద్యుదావేశము చెందిన వేగ్విగుపరమాణువులను అయనము (Ions) అనీ అంటారు. అయనమునకు గ్రీకు భాషలో సంచారి (Wanderer) అని అర్థము. విద్యుత్క్షేత్రము

(Electric Field) లో సంచరించేవి గనుకనే విద్యుదావేశ పరమాణువులకు యీ పేరు వచ్చినది.

పరమాణువు బిలియర్డ్ల బంతి ఆకారంలో ఉంటుందని చెప్పేరోజులు పోయినవి. దానిస్థానంలో ఉపరిభాగమునందు సులభముగా వేరుచేయుటకు వీలైన ఎలక్ట్రానులు కలిగిన విద్యుత్ తేటస్థ్య నిర్మాణము ఆక్రమించుకున్నది. పరమాణువును గురించి యిదిమిథ్యంగా పందొమ్మిదవ శతాబ్దాంతమునకు తెలిసిన విషయము యిదే. అయితే భవిష్యత్తులో పరమాణుబాంబు నిర్మాణమునకు ఉపకరించగల అనేకవిషయములకు సంబంధించిన అనేక ప్రయోగములు చివరి అయిదు సంవత్సరములలోను జరిగినవి. ఈ ప్రయోగముల ఫలితంగా X కిరణాలు, రేడియోధార్మికత (Radio activity) కనుగొనబడినవి.

### 3. పరమాణు అంతర్భాగమునుంచి కిరణాలు:

ఎలక్ట్రానులను ఎట్లా కనుగొన్నదీ వివరించి చెప్పినప్పుడు, లోహవిద్యుత్ ధ్రువములు బంధింపబడియున్న నాళికలో ఏమి జరిగేదీ మీకు విశదీకరించి ఉన్నాను. ఇలాంటి నాళికలను నిర్మించటం చాలా కష్టసాధ్యమైనపని. దీనికి ఎంతో నేర్పు అవసరం. గాఢ నాళిక మధ్యనుంచి తీగెలను పోనిచ్చి లోహఫలకాలకుతగిల్చి, బయటనున్న విద్యుదుత్పత్తి స్థానమునకు వాటిని జోడించాలి. తీగెలను కలపడం నాళికనుంచి గాలి తీసివేసి శూన్యం చేయడం చాలాకష్టం. జర్మనీ దేశంలో

హెన్రీ గ్లాస్ ఫ్లోర్ అనే సమర్థుడైన గాజుగొట్టములు ఉండేవాడు (Glass flower) ఉండేవాడు. గాజునాళికలో తీగలను మెలిపెట్టగల తెలివితేటలను సంపాదించాడు. నాళికలో గాలియంతా విసియోగపడినప్పటికీ ఆ తీగల మెలిమూత్రం చెక్కుచెదకింది కాదు. ఈ కారణం వల్లనే గాజునాళికలకు 'గ్లాస్ ఫ్లోర్' నాళికలు అనిపేరు వచ్చింది.

ఈ విధమైన గ్లాస్ ఫ్లోర్ నాళికలోనే జె. జె. థాంసన్ ఎలక్ట్రానులను కనుగొన్నాడు. పాటి ద్రవ్యరాశి (Mass) ని, విద్యుత్ ప్రేరణ (Charge) ని కనుగొన్నాడు. కాంతి స్ఫోరక (Fluoresent) ధ్వజన యశత గంధకిద ఫలకము మీది అగాదు (Inpact) తో గ్లాస్ ఫ్లోర్ నాళికలోని ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహమును కంటికి కనిపించునట్లు చేయవచ్చును. యశత గంధకిద ఫలక మీది అగాదు కారణంగా వెలువడే కాంతి కరణములను ఒట్టి ఎలక్ట్రాన్ అగాదులను దేనికని విడిగా లెక్కించవచ్చును.

గ్లాస్ ఫ్లోర్ నాళికలో విడుదల అయ్యే కాంతి కరణాలు చూడముచ్చటగా ఉంటవి. పదార్థతత్వవల్ల ప్రయాగశాల లోని వస్తువులన్నిటిలోకి విద్యార్థులకు దీనియందే ఆసక్తి ఎక్కువ అవుతుంది. క్రితం శతాబ్దాంతమునకు చాలామందికి దీనితో పరిచయం కలిగింది. కాని 1897 వరకు నాళికలో పలభిగమనం కథోడ్ కరణాలు అని పిలువబడే ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహం వల్ల కలిగే ఫలితాల మీదనే అందరి దృష్టి కేంద్రీకరించబడి ఉన్నది. గాజునాళిక లేక ఎనోడ్ ఫలకము, లేదా ఎనోడ్ దగ్గరనున్న కాంతి స్ఫోరక తెరమీదనే దృష్టిపడేది.

1895లో జర్మన్ తత్వవేత్త విల్ హెల్మ్ K. రొయిన్ జెన్ గ్లాసు ద్వారా ఎనోడ్ వద్దనుంచి ఏదో వెలువడుతున్నట్లు అది, అన్ని వైపులా చెల్లాచెదరాతున్నట్లు గ్రహించాడు. గైస్లర్ నాళికను కట్టని కాగితంతో పూర్తిగా కప్పివేసిన్నప్పటికీ, నాళికకు బయట దగ్గరలో ఉన్న యశద గంధకీదము యొక్క తెర వెలుగొందటంనల్ల ఆయన యీ నూతన ప్రకృతిని గుర్తించగలిగాడు. ఏనోడ్ కి సమీపంలో కాంతిస్ఫోరకత్వము అధికంగా ఉన్నదనీ, అందువల్ల ఏనోడ్ దేనినైతే యిస్తోందో అది గ్లాసును కాగితాన్నిగూడా చొచ్చుకుపోయి యశదగంధ కీదమును తాకుతున్నదని ఆయన గ్రహించాడు.

రొయిన్ జెన్, యిలా విశుదల అవుతున్నవాటిని X - కిరణము (X-Ray) అని పేరుపెట్టాడు. అవి వెలుగుకిరణాల వలె చరించునవేగాని వెలుగుమాత్రం కాదు, పైగా దాని స్వభావం గూడా తెలియదు. అవి ఎలక్ట్రానులుమాత్రంకావు. ఎందువల్లనంటే ఎలక్ట్రానులు గ్లాసును కాగితమును చొచ్చుకుని పోలేవు. కాని ఈ X - కిరణములుమాత్రం సులభంగా రెంటిని చొచ్చుకొని పోగలవు.

ఈ X - కిరణాలు అనేవి కాంతికిరణాలను పోలివున్నాయని నునకెత్తుకున్నాము, వాటికిగల పోలికలు తేడాలు గూడా తెలుసుకోవాలి. కాంతికిరణాలకన్నా X - కిరణాలు తరంగ నిడివి (Wave length) తక్కువ. పైగా వస్తువులనుండి చొచ్చుకుపోగల శక్తి వీటికిఉంది. సామాన్యమైన వెలుగు, అనేక తరంగాల క్రమంతో నిర్మింపబడుతుంది. X - కిరణాల నిర్మాణం గూడా అంతే. వీటికిగల తేడా తరంగనిడివి

ఉన్నది. పోల్చుచూస్తే కాంతికిరణాలకన్నా X - కిరణాలు నిడివిలో చాలా తక్కువగా ఉంటాయి. గైస్లెయిర్ నాళికలో ప్రయాణించే విద్యుత్ ప్రవాహబలం (Voltage, మీద వాటి యదార్థతరంగ నిడివి ఆధారపడి ఉంటుంది.

X - కిరణాలను గురించి యింతకన్నా అధికంగా చెప్పవలసింది ఏమీలేదు. ఎందువల్లనంటే యీ రోజుల్లో X - కిరణాలను గురించి తెలియనివారు ఎవ్వరూ ఉండరు. శాస్త్రవేత్తల ఆటవస్తువులైన యీ X - కిరణాలు రోగ నిర్ణయమునకు, వైద్యచికిత్సా విధానమునకు ముఖ్యవసరములైన పరికరాలుగా రూపొందినవి. దంతవైద్యులు ఉపయోగించే చిన్న నమూనా మొదలు కాన్సర్ మొదలైన వ్యాధుల చికిత్సకు ఉపయోగించే పెద్దపెద్ద యంత్రాల వరకు యివి రూపధారణ చేస్తువి. X - కిరణనాళికల రకములు, సైజులు, ఆకారములు, శక్తులు - దేనికొక్కతే ఉపయోగిస్తారో ఆ కార్యకలాపం మీద ఆధారపడిఉంటుని.

మన ప్రస్తుత కథాక్రమంలో X - కిరణాలకి ప్రముఖ స్థానమున్నది. వాటినిగురించి సంజాయిషీ చెప్పవలసిఉన్నది. గైస్లెయిర్ నాళికలో, ఎలక్ట్రానులు తాకినప్పుడు ఏనోడో లోహ ఫలకమునుంచి యివి ఏడుదల అవుతున్నవని మనకు తెలుసు. వీటిని ఏవి ఉత్పత్తిచేస్తున్నవి? ఇవి ఎక్కడనుంచి వస్తున్నవి? గమనము (Motion) లోనున్న ఎలక్ట్రానులు, లోహపరమాణువులను తాకినప్పుడు వాటినుంచి యీ X - కిరణాలు ఉత్పత్తి అయితేరాలి. ఇవి ఏ ఏవిధంగా, ఎందువల్ల ఉత్పత్తి అవుతున్నాయి? అయితే ఇంతలోనే రేడియో ధార్మికత (Radio

Activity) అనే వింత విషయాన్ని కనుగొనడంవల్ల X - కిరణాల ఉత్పత్తిని గురించి శాస్త్రజ్ఞులు ఏ విషయమూ సిద్ధాంతీకరించి చెప్పడానికి వెంటనే అవకాశం కలుగలేదు.

#### 4. పరమాణువుల అంతర్భాగమునుంచి శక్తి:

యశదగంధకిద తైర కాంతి స్ఫోరకత్వమునుబట్టి, రెయిన్ జెట్స్ X కిరణములను కనుగొన్నాడు. యశద గంధకిద ముతోబాటు అనేక యితర పదార్థములకు గూడా కాంతి స్ఫోరకత్వమున్నది-హెన్రీబెక్యురెల్ అనే తత్వవేత్త యిలాంటి పదార్థములను తరగతి వారీగా విభజించి వాటి ధర్మాలను తేలుసుకున్నాడు. ఈ విషయంలో ఆయన తండ్రికిగూడా అద్భుత పరిజ్ఞానం ఉన్నది.

కొన్ని పదార్థములను చాలసేపు వెలుతురులో వుంచి హఠాత్తుగా చీకటి ప్రదేశంలోనికి తీసుకొనివస్తే అవి కొంత సేపటివరకు కాంతితో వెలుగుతూ ఉంటవి. ఇలాటి భాస్వర స్ఫోరకత్వమును (Phosphorescence) ఉత్పత్తి చేయగల శక్తి, సూర్యకాంతికి గలదని ప్రయోగములద్వారా నిర్ధారణమైనది. అదృశ్య అల్ట్రావైలెట్ కాంతియే దీనికి మూలకారణం. అల్ట్రావైలెట్ పారదర్శక (Transparent) నాళికలోని విద్యుత్ పాదరసపు టావిరి (Electric Mercury vapour) అతి శక్తివంతమైనది. ఖనిజములు (Minerals) అదృశ్య అల్ట్రావైలెట్ కాంతిని పీల్చుకుని, వెనువెంటనే దృశ్య వెలుగునువిడుదలచేస్తవి.

మరొక కథఉన్నది: ఇలాంటి ఖనిజములు సూర్యుని వెలుగులోనుండి తీసినప్పుడు సామాన్య గోచర (visible)



కాంతిని విడుదల చేయుటతో బాటు అగోచర (Invisible) కాంతిని రొయిన్ బ్లస్ కనుగొన్న కిరణములకన్న శక్తిగల కిరణములను ఉత్పత్తి చేయవచ్చునని బెక్సరెల్ ఊహించాడు. అందువల్ల జాగ్రత్తగా కాగితంతో చుట్టచుట్టిన ఛాయాచిత్ర ఫలకముమీద ఒక పద్మమును ఉంచి దానిలో కొన్ని ఖనిజాలను పేర్చాడు. ఈవిధంగా ఏర్పాటుచేసి సూర్యుని వెలుగులో ఉంచాడు. శక్తి వంతములు, అగోచరములు అయిన కిరణములు కాంతిస్ఫోరకముగా గసక విడుదల అయినట్లయితే అవి కాగితముగుండా చొచ్చుకొనిపోయి, ఛాయచిత్రఫలకంమీద పొగమంచు (Fog) కప్పతాయి అని ఆయన అభిప్రాయం. ఈ అభిప్రాయమును ఋజువు చేయనటుల కొన్ని ఖనిజాలతో పొగమంచు ఫలకాల మీద రూపొందింది.

ఇంతటితో ముగియలేదు. ఈకథ యింకా ముందుకు సాగుతుంది. 1896 వ సంవత్సరం, శీతాకాలం, పారిస్ నగరంలో ప్రతిరోజూ సూర్యుని దర్శనంకాదు. బెక్సరెల్ తన ఖనిజ సామగ్రినంతా ఒక పద్మములో కాగితము చుట్టిన ఛాయాచిత్ర ఫలకంమీదపెట్టి, సూర్యుడు ఎప్పుడు కనిపిస్తే అప్పుడు బయటకు తీయవచ్చుననే ఉద్దేశ్యంతో తన ప్రయోగశాల (Laboratory) లోని ఒక డ్రాయరులో నుంచాడు. చాలా రోజులవరకు సూర్యుని దర్శనంకాలేదు. సగే, మరే ప్రయోగంకోసమన్నా ఉపయోగించుకోవచ్చునకదా అని, ఆ ఫలకాన్ని బయటకుతీశాడు. దానిని డెవలప్ చేసి చూడగా ఆ ఫలకమంతా మసకమసకగా పొగమంచు కప్పినట్లు కనిపించింది. సూర్యకాంతిలోనుంచి తీసిన ఖనిజకాంతి స్ఫోరకత్వము

వలన ఛాయాచిత్ర ఫలకంమీద ఏ విధమైన మార్పు వచ్చిందో యిష్టానుసారం అట్టి మార్పు కనిపించింది. దానితో ఆయన ఆశ్చర్యానికి అతని తనకుండాపోయినది. కాబట్టి ముందుగా సూర్య కాంతి ప్రభావం లేకపోయినా చీకటిలో సహితం యీ ఖనిజం కొన్ని కిరణాలను విడుదలచేయటం, అవి కాగితంలోనుంచి దూసుకునివెళ్ళి ఛాయాచిత్ర ఫలకంమీద మబ్బుకమ్మటం జరిగిందన్నమాట

తర్వాత జరిగిన అనేక ప్రయోగములవలన ఇంకా అనేక ఖనిజాలకు యిట్టి లక్షణాలు ఉన్నవని తేలింది. మరికొన్ని శాస్త్రపరిశీలనవలన, యురేనియం అనే మూలపదార్థమును కలిగిఉన్న ఖనిజములు మాత్రమే తమంతటతాముగా వస్తువులలో చొచ్చుకొని పోగల అగోచర రేడియో ధార్మికతను విడుదల చేయగలవనీ, ఛాయాచిత్రఫలకంమీద విస్తరించిన మబ్బునుపట్టి, ఆ యీ ఖనిజములోనున్న యురేనియం పరిమాణముమీద ఆధారపడిఉండునని తేలినది. అద్భుతమైన తేజో తరంగప్రసారమును విడుదలచేయగల యిట్టి పదార్థములకు బెక్యూరెల్ రేడియో యాక్టివ్ పదార్థములని పేరుపెట్టాడు.

బెక్యూరెల్ సహాధ్యాయుడైన పెయూరీక్యూరీ అతని భార్య మేరీక్యూరీలకు ఈ విషయమునందు అమిత ఆసక్తి కలిగినది. పదార్థములలో చొచ్చుకుని పోగల యీ తేజఃప్రసారము (Radiation) ఏ ఏ ఖనిజములద్వారా లభ్యమౌతుందో ఆవిషయమును పరిశీలించవలసినదిగా మేరీక్యూరీకి బెక్యూరెల్ సూచించాడు. ఆమె తనకృషి ప్రారంభించినది. యురేనియంతోబాటు మరొక మూలపదార్థమునకుగూడా తేజఃప్రసారగుణమున్న

ట్లుగా మేరీ కనుగొన్నది. ఈ మూలపదార్థమే ధోరియం. చీకటిలో ఛాయాచిత్రఫలకమును మబ్బుగాచేయు సామర్థ్యము, ఆయాఖనిజములలో ఎన్నోవంతు ధోరియంపదార్థంఉంటుందో దానిమీద ఆధారపడిఉంటుందని, క్యూరీదంపతులు ప్రయోగముద్వారా ఋజువుచేశారు.

అయితే దీనికొక మిశ్రమాంశం ఉన్నది. సెల్లటి పిచ్ బ్లెండ్ (Pitch Blend) అనే ఖనిజం ఉన్నది. దీనిలో యురేనియం ఉన్నప్పటికీ, ఉన్న యురేనియమునకన్నా ఎన్నోరెట్ల తేజః ప్రసారమును విడుదల చేస్తోంది. కాబట్టి యురేనియం ధోరియంలే కాకుండా తేజఃప్రసారము నివ్వగల మరొక మూలపదార్థంగూడా ఉండితీరాలని క్యూరీదంపతులు అనుమానించారు. ఇదేగనక నిజమైతే యీ మూలపదార్థము, యురేనియమునకన్నా ఎంతో శక్తివంతమైనదై ఉండాలి. పిచ్ బ్లెండులో అధికభాగం యురేనియం ఉన్నది. చీకటిలో ఉంచిన ఛాయాచిత్రఫలకం పూర్తిగా నలుపుచేయగలశక్తి సామర్థ్యములు, పిచ్ బ్లెండ్ లో యురేనియం పోను మిగులు భాగమైన ఆ అంతుతెలియని పదార్థమునదై ఉండితీరాలి.

మిగతా కథను యిక్కడ వివరించివెప్పవలసినవనిలేదు; ఈ విషయమునుగురించిన భోగట్టా అంతా పుస్తకములు, వార్తాపత్రికలు చలనచిత్రములద్వారా అందరికీ తెలిసినదే. ఈ సమస్యను తీసుకుని క్యూరీదంపతులు అనేకసంవత్సరములు కృషిసల్పారు. తమయొక్క కృషిఫలితంగా తాము అనుమానించిన ఏ మూలపదార్థమైతే గలదో దానిని కనుగొన్నారు. ఈ నూతన మూలపదార్థమే రేడియం.

పంథామృదవ శతాబ్దిలోది భాగంలో రేడియంను గురించి రేడియో ధార్మికతను గురించిన భోగట్టా పదార్థతత్వ వేత్తలకు సులభంగా సుబోధకం కాలేదు. 1900 సంవత్సరము నందు పారిస్ లో జరిగిన రేడియం, రేడియోధార్మికతలను గురించిన ప్రయోగప్రదర్శనములను చూచిన స్మిత్ సోనియన్ విద్యాలయ పదార్థతత్వవేత్త కి. పి. లాంగ్ లే, వికలచిత్తుడైనట్లుగా హెన్రీ ఆడమ్స్ డిల్లీఖించి యున్నాడు. ఈమూలపదార్థములు బయటినుంచి ఏకక్తిని గ్రహించకుండానే, వస్తువులలోనికి చొచ్చుకొని పోగల బలమైన కిరణములను, ఏకధాటిగా విడుదలచేస్తున్నవి-ఈకిరణములు ఎక్కడనుంచి వస్తున్నవి? యురేనియం, థోరియం రేడియం పరమాణువులలోనుంచి రావలసిందే, మరోమార్గం లేదు. అట్లాఅయితే యీ పరమాణువుల నిర్మాణం ఏవిధంగా ఉంటుంది? పూర్వపు ఏకజాతి బంతులవలె యివిఉండటానికి ఏమాత్రము వీలులేదు; పైకి ఏవిధమైనమాస్పృకలుగకుండా అతి శక్తి వంతములైన కిరణములను విడుదల చేసేందుకువీలుగా వీటిఅంతర్ నిర్మాణం ఎంతోలోతుగా ఉండిఉండాలి.

## 5. పరమాణువుల అంతర్ భాగమునుంచి

ముక్కలు

రేడియో, రేడియోధార్మికతలను గురించి తెలుసుకున్న మనం, యిరవయ్యో శతాబ్దంలో అడుగుపెడుతున్నాము. రేడియం, దానికి సంబంధించిన సంయోగపదార్థములను గురించి క్యూరీదంపతులు అనేక రసాయన ప్రయోగములను జరిపారు-

కృషికి ఫలితంగా 1903 లో నోబెల్ బహుమానము వారికి లభించింది. రేడియోధార్మికతకు సంబంధించిన భౌతికధర్మాలే మన కథకు ముఖ్యముగా కావలసినది. ఈ పదార్థభౌతిక లక్షణములను గురించి అనేకమంది పరిశీలనలు జరిపారు. పీకో, ఇంగ్లండులోని కేంబ్రిడ్జిలోను, మాంచెస్టర్లోను ప్రయోగములు జరిపిన ఎర్నెస్ట్ రూథర్ఫోర్డ్ ని ముఖ్యంగా పేర్కొనవలసిఉన్నది.

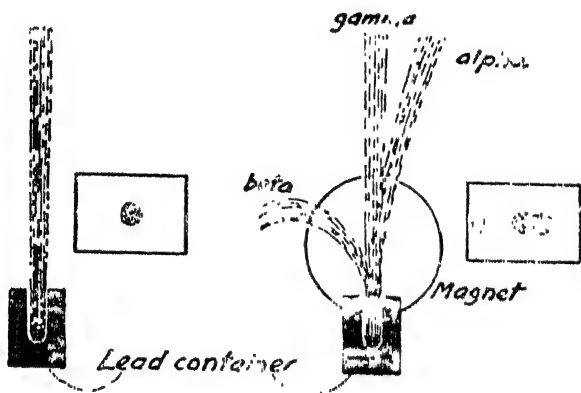
పూర్తిగా కప్పివేయబడిన ఛాయాచిత్ర ఫలకమును రేడియో దగ్గరగావుంచి, ఆ తర్వాత గానిని డెవలప్ చేస్తే వెలుగు సోకినట్లుగా నల్లబడిఉంటుంది. ఇదే దీని మూలప్రకృతి (Basic Phenomenon)- అదేవిధంగా యశదగంధకిదముతో పూతపూయబడిన గాజు ఫలకమును రేడియోపద్ధతు చీకటిలో గొనివస్తే అది కాంతితో వెలుగుండుతుంది. ఈ సూత్రమును ఆధారముచేసుకునే గడియారము:లో స్వయంప్రకాశ (Luminous) ములైన డయల్సు అమగుస్తున్నారు. యశదగంధకిదము, రేడియం నలుసులూ కలిసినదే రేడియం పెయింట్. రేడియం నలుసులు, యశదగంధకిదము వెలుగుండునట్లు చేస్తాయి. రేడియంనుంచి వెలువడే కిరణపదార్థస్వభావములను గుర్తించుటకుగాను, యశదగంధకిదము, ఛాయాచిత్ర ఫలకములు యీరెండూ సాధనములుగా ఉపయోగపడినవి.

ఈ పనితోసం ఎటువంటి ప్రయోగములు జరుపబడిననో 6 వ చిత్రములో సూచింపబడినది. రేడియమును సీసపుపెట్టెలలో బంధించి ఉంచాలి. లేకపోతే దాని విడుదల అయ్యే కిరణాలవల్ల ప్రాణాపాయము సంభవించవచ్చును. ఒక వైపున

మూసియున్న పొడుగాటి నన్నని సీరపు (Lead) నాళికను  
 ఊహించండి. దానిలో అడుగు భాగాన కొద్దిరేడియం కణ  
 ములు ఉన్నవనుకోండి. పొడుగుపాటి నన్నని నాళికను తీసు  
 కొనడానికి కారణం ఏమంటే రేడియం విడుదలచేసేది నాళిక  
 పొడుగునా ప్రయాణించి ఒక ఋజురేఖ (Straight Line) లో  
 కిరణరూపాన్ని బయటకు వచ్చివేస్తుంది. నాళికముఖద్వారము  
 నుంచి వేర్వేరు దూరములలో ఛాయాచిత్ర ఫలకమును పెట్టి  
 ఏవైనాజలలో మచ్చలు ఏర్పడుతున్నాయో గుర్తించి తద్వారా  
 ఈకిరణముయొక్క రూపమును లక్షణములను తెలుసుకొన  
 వచ్చును. ఇంతకన్న యశదగంధకిదమును పులిమిన తెర నుప  
 యోగించటం మరీమంచిది. సీరపు నాళిక ముఖద్వారమునకు  
 సమీపంలో ఉంచిన తెరమీద, అంతే కైవారంగల వలయం  
 ఏర్పడుతుంది. ముఖద్వారమునకు దూరంగా తెరను జరుపుకు  
 పోతున్నప్పుడు, వలయం కొద్దిగా వెలుగుతోంది. దీనినిబట్టి  
 కిరణం ఋజువంక్తిలో పుష్టిగా నున్నదని, కాని కొద్దిగా వంపు  
 తిరిగిఉన్నదని తెలుస్తుంది.

ఇప్పుడు కిరణానికి దగ్గరగా శక్తివంతమైన అయస్కాం  
 తమును తీసుకుని రండి. కాంతిస్ఫోరకవలయంలో ఎట్టి మాన్యు  
 వస్తుందో పరిశీలించండి. అది అక్కడేఉన్నది కాని బలహీన  
 మైనది. దీని అర్థం ఏమిటి-ఋజుమార్గంలోపోయే కిరణం  
 పూర్వపు మాదిరే వంగిపోకుండా అక్కడేవున్నది. కాని దాని  
 ఉద్భవం తగ్గింది. ముఖద్వారమునకు చుట్టూఉన్న ప్రాంత  
 మును, కాంతిస్ఫోరక తెరతో అన్వేషిస్తే కిరణము బలహీన  
 మవడానికి కారణమేమైనదీ బోధపడుతుంది. ఒక వలయాకృతి

గల మచ్చకుబడులు మూడువలయాకృతులుగల మచ్చలుమనకు కనిపిస్తాయి ఒకటి మధ్యవలయం. దానికి యిసుప్రక్కలా అటూ యిటూ రెండు వలయాలు. అయస్కాంతమును తొలగించండి. ఈమూడు వలయాలూ ఒక్కగంటులో కలిసిపోయి ఒకే కేంద్రకీరణంగా ఏర్పడుతవి. అయస్కాంతమును తిరిగి తీసుకు రండి: కిరణం మూడుగా విడిపోతుంది. దీనినిబట్టి గేడియం మూడురకాలైన కిరణాలను విడుదల చేస్తోందని బోధపడుతుంది. రూథర్ ఫోర్డ్ వీటిని 'ఆల్ఫా' 'బీటా' 'గామా' కిరణాలని పిలిచాడు.



6 వ పటము

నూతన పరిశీలనలు, యీ మూడురకములైన కిరణముల యొక్క స్వభావగుణములను తెలుసుకునేందుకు అవకాశం కలిగించినవి. అయస్కాంతమువలన ఆల్ఫాకిరణము వంపు తిరిగినవద్దతిని అనుసరించి దానికి ధన విద్యుత్ ప్రేరణగలదని

చూపవచ్చును. అంతేగాకుండా అతిశక్తివంతమైన అయస్కాంతము వలన గూడా అది స్వల్పంగా మాత్రమే వంపు తీరుగుతున్నది. కాబట్టి బరువైన విద్యుత్ ప్రేరణ కణములతో యిది రూపొంది ఉండవచ్చును. ఈ కణములకు ఆల్ఫాకణములని పేరుపెట్టారు.

వంపుతిరగని కిరణమునకు ఆవలివైపున ఉన్నది బేటా కిరణము. అయస్కాంతమువలన అతిసులభంగా వంపుతిరిగిన పద్ధతినిబట్టి దీనికి ఋణవిద్యుత్ప్రేరణ కలదని చెప్పవచ్చును. అంతే గాకుండా, ఆల్ఫా కిరణమునకన్నా అధికంగా యిది వంపు తిరిగినది ; కాబట్టి దీనియొక్క ఋణవిద్యుత్ ప్రేరణగల్గిన కణములు ఆల్ఫాకణములకన్నా ఎంతో తేలికైనవి. ఋణవిద్యుత్ బేటాకణములను సులభముగా గుర్తుపట్టవచ్చును. ఇవి ఎలక్ట్రానులు. విద్యుదావేశముకల్గిన అంబరు కడ్డీలోను, గైస్లెయిర్ శూన్యనాళికలోను కనిపించిన ఎలక్ట్రానులనుపోలినవే యీ ఎలక్ట్రానులుగూడా.

ఇక పోతే, ఏ విధమైన వంపులేకుండా నిటారుగానున్న గామా కిరణమే X-కిరణములుగా గుర్తించబడింది. ఈ కణములకు విద్యుదావేశములేదు. గైస్లెయిర్ నాళికలోని ఏనోడ్ ద్వారా వెలువడి గ్లాసులోనుంచి బయటకు వచ్చే కిరణాలను పోలినవే ఈ కిరణాలుకూడా.

రేడియం విడుదలచేసే మూడు పదార్థాలలోను - ఎలక్ట్రానుల, X - కిరణాలు, మన పురాతన మిత్రులేనని తెలిసిపోయింది. అయితే ఆల్ఫాకణములనేవి మాత్రం కొత్తగా వచ్చినవి. రూథర్ ఫోర్డ్ మొదలైన వండితులు ఈ ఆల్ఫాకణముల



ధర్మములు తెలుసుకొనుటకు అనేక పరిశోధనలు జరిపారు. ఈ కణముల బరువు ఉదజని పరమాణువు బరువునకు నాలుగు రెట్లు ఉంటుంది. కాంతి వేగంలో పదివందల గురి వేగంతో (Velocity) యివి ప్రయాణిస్తాయి. అయితే యివి ఏమిటి? జడవాయువైన హీలియంరెక్క పరమాణు భారము 4, అంటే ఉదజని పరమాణు భారమునకన్న నాలుగు రెట్లు అధిక భారము కలదన్నమాట. కాబట్టి ఆల్ఫాకణముల స్వరూపమును గురించి ఊహించవచ్చును. కాసి 1900 నాటికి, ఉన్నత వాయువు (Noble Gas) హీలియమ్ను గురించి అంత బాగా తెలియదు - అనే విషయం మనం గుర్తుంచుకోవాలి. ఆ తర్వాతనే ఆల్ఫాకణము అనేది, అయోనీకరణమునకు చెందిన హీలియం పరమాణువుగా గుర్తించబడినది; హీలియం పరమాణువునూంచి రెండు ఎలక్ట్రాన్లు తొలగించివేయబడినవి, కాబట్టి దానిని  $He^{++}$  అని వ్రాయవచ్చును.

ఈ మూడు కిరణములకు శోధుగా, రేడియం లేక రేడియమును కలిగిన ఖనిజముల చుట్టూఉండే వాయువు, మంచి విద్యుత్ వాహకం (Conductor) అని తెలుసుకొనబడింది. విద్యుచ్ఛక్తి ఒకచోటనుండి మరొకచోటికి వెళ్ళటానికి అవకాశం కల్పించేదానికి విద్యుద్వాహకం అంటారు. కలుగచేసుకుంటున్న పరమాణువులు విద్యుదావేశము చెందుటయో, లేక అయోనీకరణము చెందుటయో జరిగినప్పుడు, విద్యుత్ప్రవాహ మార్గము ఏర్పడుతుంది. రేడియంను ఆవరించుకున్న వాయువు అయోనీకరణము చెందునటుల 'ఏడో' విడుదలచేయబడింది.

అంతేగాకుండా, కొంత పరిమాణంలో ఉష్ణముగూడా నిలకడగా ఉత్పత్తి అవుతుంది.

రేడియం యీవస్తువుల నన్నింటినీ అన్నిసమయాలలోనూ యిచ్చివేస్తూనేఉంటుంది. ఇది యీవిధంగా విడుదల చేసే తేజోతరంగములయొక్క, కణములయొక్కగతి వేగములో - వెలుగు, వేడిమి, విద్యుచ్ఛక్తి మొదలైన బహిరంగ శక్తుల ప్రభావము ఏమీ మార్పు తీసుకొనిరాలేదు. రేడియం నుంచి బహిరంగములయ్యే పదార్థములతోబాటు ప్రచండమైన శక్తులుగూడా విడుదల అవుతవి. ఆల్ఫాకణము అత్యంత వేగంగా ప్రయాణిస్తుంది, కాబట్టి దీనిలో ఎంతో శక్తిఉంటుంది. ఎలక్ట్రానులయిన బేటాకణములుగూడా అత్యధిక వేగంతో ప్రయాణం చేస్తాయి. ఆల్ఫాకణములకన్న చాలాచిన్నవి అగుటవలన వాటినుంచి విడుదల అగు శక్తి అంత అధికంగా ఉండదు. కాని వాటి పరిమాణానికి ఆశక్తి అధికమే అనవచ్చును. ఇంక ౫-కిరణాలు ఉష్ణము ఉన్నాయి.

అది అంతలులేకుండా, రేయిం పవలనక, యిది యీవిధంగా సాగిపోతూనే ఉంటుంది. ఈ ఎలక్ట్రానులను, ఆల్ఫాకణములను, గామాకిరణములను, ఉష్ణమును తరిమికొట్టే శక్తి (Energy) ఎక్కడనుంచో ఒకచోటనుంచి రావాలి. ఆల్ఫాకణములు, ఎలక్ట్రానులు తమంతట ఎక్కడనుంచో రావలసి ఉంది. పరమాణు ఉపరిభాగమునుంచికాకుండా అంతర్భాగము నుంచి మాత్రమే అవి రాగలవు. అణువులో పరమాణువుల ఫుసర్ స్వచ్ఛందకరణమువలన యిలాంటి భారీఎత్తున కణములను గాని శక్తినిగాని విడుదలచేయడానికి అవకాశం ఉండదు.

సంయోగపదార్థపు టణువులందలి పరమాణు బంధముల మార్పిడివలన మనకు తెలిసిన శక్తులన్నీ విడుదల అవుతున్నవని యిదివరలో గుర్తించాము. అగ్నిజ్వలమునకు, ఇంధనము (Fuel) నకు, ప్రేలుడుపదార్థము (Explosive) నకు యీ రసాయనశక్తులు ఉపకరిస్తున్నవి. రసాయన పరివర్తనము (Chemical Transformation) ల వలన విడుదల అయ్యే శక్తులకూ రేడియో ధార్మికతతో విడుదల అయ్యే శక్తులకూ పూర్తిగా తేడా ఉన్నది.

ఉదాహరణమునకు: ఒక ఔన్ను రేడియం ఎన్ని ౫-కిరణాలను, ఆల్ఫా కణములను, ఎలక్ట్రానులను విడుదల చేసేందుకు సామర్థ్యమున్నదో వాటి నన్నింటినీ విడుదలచేస్తే ఆ శక్తి, పది టన్నుల బొగ్గు ఉత్పత్తిచేసే ఉష్ణమునకు సమాన మావుంది. పది టన్నులు షుమారు 320,000 ఔన్నులు. కాబట్టి 320,000 ఔన్నుల బొగ్గునుంచి జనించే ఉష్ణము ఒక ఔన్ను రేడియం నుంచి ఉత్పత్తి అయ్యే శక్తికి సమానము. అనగా ఒకే ప్రమాణంగల బొగ్గుకన్నా రేడియం 320,000 రెట్లు అధికంగా శక్తినిస్తుంది.

శతాబ్దికి ప్రారంభంలో ఈ విధమైన కొలతలు, గుణిం తలు కొనసాగాయి. విడుదల అయ్యే శక్తి, ఎప్పుడూ పరమాణు శక్తిగానే పేర్కొనబడింది. మన్ హట్టన్ బిల్లా శాస్త్రజ్ఞులచే, ఈ పరమాణుశక్తి రహస్యమేదో హఠాత్తుగా కనుగొనబడిందనే అభిప్రాయానికి విరుగుడుగా యీ విషయాలన్నీ విపులంగా మనం జ్ఞప్తియందుంచుకోవాలి. తత్వవేత్తలకు పరమాణుశక్తి అనేది సాతకథే.

క్రైస్తవులు ఋణవిద్యుదావేశముగలవి. మొత్తముమీద పరమాణువు తాటస్వస్థితి (Neutral) గలది కావున, కేంద్రకము ధనవిద్యుత్ప్రేరణగలది అయి ఉండాలి.

ఈలెక్కన ఆల్ఫాకణము అనేది, హీలియం పరమాణువునందలి ఏకైకసూక్ష్మకేంద్రకం అని చెప్పాలి, ఎందువల్లనంటే దానియొక్క రెండు ఎలక్ట్రానులూ తొలగించి వేయబడినవి. ఇవి సూక్ష్మైతిసూక్ష్మహాటవల్ల దేనినీ ఎదుర్కొనకుండా బంగారురేకులలోనుంచి దూసుకుని పోగలదు. బంగారు పరమాణువులో కేంద్రకము చుట్టూ ఆవరించయున్న ఖాళీజాగాలలోనుంచి యిది దూసుకుంటుంది అనుకోవచ్చును. ఆల్ఫాకణము బంగారుపరమాణు కేంద్రకమును ఒక్కొక్కప్పుడు ఢీకొన్నప్పుడు అది ఎందుకు వెనుకకు గెంతుతుందో లేక సూక్ష్మంగా వంపు తిరుగుతుందో యీవిషయం వ్యక్తం చేస్తుంది. దీనికి కారణం ఏమంటే: స్వర్ణకేంద్రకము ధనవిద్యుదావేశము చెందినది. ఆల్ఫాకణముగూడా ధనవిద్యుదావేశము చెందినదే. వాటి రెంటిలోను పరమాణువులోని అధిక ద్రవ్యరాసి ఉంటుంది. అవిరెండూ అతి సూక్ష్మమైనవి. అందువల్ల ఎప్పుడో యదాలాపంగా కలుసుకొంటాయి. కాని అవి ఢీకొనినప్పుడు జరిగే సంఘర్షణ మాత్రము ఎంతగానో ఉంటుంది. అది తేలికయైన ఆల్ఫాకణమును, ఆవరణ (Spine) తో వెనుకవైపుకు గెంతులు వేసేటట్లుచేస్తుంది. ఇంక చివరికి, పరమాణువులనుంచి ఎలక్ట్రానులను ఎంతసులభంగా తొలగించి వేయవచ్చునో మనకి వ్యక్తమౌతుంది. కేంద్రకముచుట్టూ ఆవరించి ఉన్న విశాలక్షేత్రములో ఎలక్ట్రానులు ఉన్నాయి. ఈక్షేత్ర

ఉపరిభాగమునకు సమీపంలో కొన్ని ఎలక్ట్రానులు ఉండటం నిస్సంశయం. రసాయన విక్రియలకు లభ్యమయ్యేవి యీ ఎలక్ట్రానులే. ఈఉపరిభాగపు ఎలక్ట్రానులను సులభంగా వేరు చేయవచ్చును.

## 2. పరమాణు విద్యుదావేశ సమాసత:

సూక్ష్మతరమైన పరమాణు కేంద్రమును అనుసరించి ఉన్న విశాలఆవరణములో ఎన్ని ఎలక్ట్రానులుఉన్నాయి? అది పదార్థపరిస్థితులను అనుసరించి ఉంటుంది. ఉదాహరణ అతిలేలీకంఘన పరమాణువు. దీనినుంచి ఒకఎలక్ట్రానును వేరుచేసి, ధనవిద్యుత్ ప్రేరణతో ఉన్న ఒక ఉదాహరణ అయినము  $H^+$  ను వదిలివేయ వచ్చును. అంతేగాక ఉదాహరణనుంచి ఈ ఒక్కఎలక్ట్రానుమినహా మిగతావాటిని వేరుచేయడానికి సాధ్యం కాలేదు.

బహుశః ఉదాహరణలో ఒకేఒక ఎలక్ట్రాన్ ఉండి ఉండ వచ్చును. ప్రస్తుతం అట్లాగే భావించుదాము. పరమాణుభారం 1 కలిగిన ఉదాహరణ పరమాణువు ఈవిధంగా నిర్మింపబడిఉండాలి. (ఎ) విద్యుదావేశము 1, పరమాణుభారము 1 కలిగిన కేంద్ర కణము (బి) ఏకముఖ విద్యుదావేశము,  $1/1840$  ద్రవ్యరాసి కలిగిన కేంద్రముచుట్టూ తిరుగులాడే ఎలక్ట్రాన్.

పరుస్కరమంట్ తర్వాతవచ్చునది, హీలియమ్ అనే మూలపదార్థము. దీని పరమాణుభారము 4. హీలియమ్ నుంచి ఒకఎలక్ట్రానును సులభముగా తొలగించవచ్చును. రెండవ ఎలక్ట్రానును తొలగించుట ఏమంత కష్టసాధ్యమైన పనికాదు.

ఇకపోతే మిగిలినది అయోనీకరణము చెందిన  $H_2^{++}$  రేడియం నుంచి ఉరుకులు పరుగులుగావచ్చే ఆల్ఫాకణములు యివే. వీటి గతివేగము సెకనుకు 18,000 మైళ్ళు. క్లెస్లెయిర్ నాళికలో కొద్దిగా హీలియమునుంచి దానిలోనికి విద్యుత్ ప్రవాహము పంపించడముద్వారా ప్రయోగశాలనందు యిదే రకమైన కణములను ఉత్పత్తి చేయవచ్చును. ఇక ఏమాత్రము ఎలక్ట్రానుల లాగివేయుటకు వీలులేదు కాబట్టి హీలియపరమాణు గర్భముచుట్టూగల ఆవరణమునందు, రెండేరెండు న్యూట్రానులుఉండిఉండవచ్చును. అప్పుడు పరమాణుగర్భద్రవ్యరాశి 4. దానికిగల రెండు ధనవిద్యుత్ ప్రేరణలు, రెండు ఋణవిద్యుత్ చావేశముగల ఎలక్ట్రానులతోసమాన ఉజ్జీలవుతవి.

మూడవ మూలపదార్థములో మూడు ఎలక్ట్రానులు, నాలుగవ మూలపదార్థము బెరెలియంలో నాలుగు ఎలక్ట్రానులు, అయిదవది బొరాన్ లో అయిదు ఎలక్ట్రానులు. అదే విధంగా తొంభైరెండు ఎలక్ట్రానులు ఉండటం సాధ్యమా? సాధ్యమేకాదు, సత్యంగాకాదు. మూలపదార్థావర్తనపట్టికలో ఒక మూలపదార్థమునుంచి మరొక మూలపదార్థమునకు పోవునప్పుడు కనిపించెడు ఎలక్ట్రానుల క్రమాభివృద్ధియే యిందుకు కావలసినంత నిదర్శనం. ఈ నిదర్శనలు ఎంతో విచిత్రము లనిపిస్తాయి. ఉహననుసరించి ఒక రంగంలో పని చేస్తూ అప్పుడు సంపాదించిన జ్ఞానం మరొక రంగంలో సంపాదించే జ్ఞానానికి ఎలా వన్నెలుపెడుతుందో యిది చూపిస్తుంది.

ఒక చీకటిగదిలో, దుమ్ముకణములతోకూడిన సూర్య కాంతి కిరణ మొకటి ప్రవేశించినప్పుడు, దుమ్ము కణములచే

చెల్లాచెదురు చేయబడుతున్న కారణంచేత కాంతిశీఖ విస్పష్ట  
 తను చూడగలము. గదిలో ఎంతెక్కువగా దుమ్ముకణములు  
 ఉంటే అంత అధికంగా కాంతి చెదిరిపోతుంది; నిజంగా  
 దుమ్ముతోనిండిన నిజమైన మచ్చేగనకఉంటే విస్తారంగా వెలుగు  
 చెదిరిపోవుటవలన దాని వెనుక ఏమున్నదీ ఎవరికీ తెలియదు.  
 పొగమంచులో వెళ్ళే మోటారుకారు, ముందు దీపాలకు, అదే  
 స్థితి వర్పడుతుంది. గాలిలోని సూక్ష్మమైన నీటికణములు, వాటి  
 పైపై మెరిసే వెలుగును చెదరగొట్టతవి. పొగమంచు ఎంత  
 దట్టంగా ఉంటే వెలుగు అంత అధికంగా చెదరగొట్టబడు  
 తుంది. అతి స్వల్పంగామాత్రమే వెలుగు పొగమంచునందు  
 జొరబడగలదు కాబట్టి, కాంతివంతములైన దీపాలను ఉపయో  
 గించకుండా ఆవలప్రక్కన ఏమున్నదీ మనం గుర్తించలేము.  
 పొగమంచులోనుంచి పోయే కాంతిభాగమును, పొగమంచు  
 కణములవల్ల చెదరగొట్టబడే కాంతిభాగమును కొలుచుట  
 ద్వారా, పొగమంచులో ఎన్ని నీటిబిందువులు ఉన్నవో, లేక  
 గాలిలో ఎన్ని దుమ్ముకణములు ఉన్నవో లెక్కకట్టవచ్చును.  
 గాలిలోని పొగమంచునందుగల సున్నితమైన సూక్ష్మకణము  
 లను లేదా నీటియండలి సూక్ష్మకణములను లెక్కించుటకు  
 ఈ పద్ధతి సుకరమైనది. దీనినే తరచుగా తారతమ్య పరిశీలన  
 కొరకు రసాయనశాస్త్రములో ఉపయోగిస్తూ ఉంటారు.

పరమాణుకేంద్రముచుట్టూ ఆవరించియున్న ఆవర  
 ణలో గల ఎలక్ట్రానుల సంఖ్యను లెక్కించడానికిగూడా  
 యిలాంటి పద్ధతినే ఉపయోగిస్తారు. పరమాణుగర్భముచుట్టూ  
 ఎలక్ట్రానులు సూక్ష్మకణములతో చేయబడిన ఒక తెరవలె

కమ్మకుని ఉన్నవనుకొనుడు. ఘనపదార్థములలో పరమాణువులు ఎంతో దగ్గరగా ఉంటవి; పదార్థమంతటా ఎలక్ట్రానులు అవిరామంగా కమ్మకుని ఉండేదీ, కేంద్రకమనేది ఒకటి అరా ఎక్కడనోగాని కనిపించదు. ఈ ఎలక్ట్రానుల గుంపుగుండా ఒక కాంతికిరణము ప్రకాశించిన దనుకొనుడు. పదార్థములో కొద్ది ఎలక్ట్రానులే గనక ఉంటే కొద్దివెలుగుమాత్రమే వాటివల్ల చెదరగొట్టబడుతుంది. మిగతా వెలుగుంతా వాటి మధ్యనుంచి దూసుకుపోతుంది. కాని చాలా ఎలక్ట్రానులు గనక ఉంటే, వెలుగులో చాలాభాగం చెదిరిపోతుంది, మిగతా కొద్ది కాంతి మాత్రమే పదార్థములోనుంచి పోతుంది.

సర్వసాధారణంగా ఈవనికి సామాన్య వెలుగు కిరణం అతిముతకగా (Opaque) గా ఉంటుంది. దాని తరంగం అతి పెద్దదవలంవల్ల, సముద్రంలో నిలిచిన మనిషిమీదుగా వెళ్ళినప్పటికీ అలయొక్క స్వరూపంలోనూ గతిలోనూ ఏ విధమైన మార్పు ఎట్లాఉండదో, అదేవిధంగా సూక్ష్మమైన ఎలక్ట్రాను మీదగా వెళ్ళిన కాంతితరంగంలోకూడా ఏవిధమైన మార్పు ఉండదు. ఎలక్ట్రానుల పొరలకు కావలసినదల్లా అతినూత్ర తరంగము కలిగిన కాంతిరేఖ. X-కిరణాలు అటువంటివే. సామాన్య కాంతికిరణమునకన్న X-కిరణముల నిడివి పదివేల రెట్లు తక్కువ. మూలపదార్థావర్తన పట్టికలోని అనేక మూల పదార్థముల సన్నని పొరలతో, చెదిరిన X-కిరణముల కొలతలు వేయగా పరమాణుసంఖ్య వరుసక్రమంలో, ప్రతిమూల పదార్థము తమ కేంద్రకము నావరించియున్న ఆవరణమునందు



ఒకొక్క ఎలక్ట్రాన్‌ను అధికముగా కలిగిఉన్నట్లు తెలియ  
వచ్చినది.

ఉదాహరణకు ఒక ఎలక్ట్రాన్, హీలియమ్‌కి రెండు ఎలక్ట్రాన్లు  
నులు ఉండటంవల్ల లిథియమ్‌కి మూడు, బెరెనియమ్‌కి నాలుగు,  
బోగాన్‌కి అయిదు, కర్బనమునకు ఆరు యీ వరుసన యూరే  
నియంకి తొంభైరెండు ఎలక్ట్రాన్లు ఉంటాయి. అపైన,  
యిటీనలనే కనుగొనబడిన మానవకృత మూలపదార్థముల  
ఎలక్ట్రాన్ల సంఖ్యగూడా యిదే క్రమవర్ధితిలో ఉంటుంది.  
పరమాణు పదసక్రమములో మూలపదార్థమునకుగల సంఖ్యా  
స్థావరము (Numerical Position) లేక పరమాణు సంఖ్య -  
దాని పరమాణువునందలి కేంద్రకము చుట్టూగల ఎలక్ట్రాన్ల  
సంఖ్యను తెలియజేస్తుంది. పరమాణు సంఖ్య, మూలపదార్థ  
మును, ఆసరైన వట్టికలో ఒక నిర్ణీతస్థలమునందు ఉంచుతుంది.  
నిర్ణీతస్థానమునగా కొన్ని స్థిరమైన రసాయన ధర్మములగుట  
వలన, ఆ పదార్థ పరమాణు గర్భము చుట్టూగల ఎలక్ట్రాన్లు  
సంఖ్యనుబట్టి, దానియొక్క లక్షణములు నిర్ణయింపబడు  
తాయి. ఇది ముఖ్యంగా గుర్తుఉంచుకోవలసిన విషయము.

ఎలక్ట్రాన్లు లసగా ఋణవిద్యుదావేశముగలది. పర  
మాణువు అనేది మొత్తంగా ఆవేశహీనమైనది. కాబట్టి  
తన చుట్టూగల ఎలక్ట్రాన్లతో సమానఉద్దేశంగా ఉండటానికి  
కేంద్రకానికిగూడా అంత సంఖ్యగల ధనవిద్యుత్ ప్రేరణలు  
ఉండితీరాలి. దీనిని ఊహామాత్రంగా మనం సమ్మతించిన పని  
లేదు. దీనిని ఋజువుపరచడానికి అనేక మార్గములున్నాయి.  
ఒక విధమైన ఋజువును మీకు వెల్లడిస్తాను. క్రిందటి ప్రకర

ణంలో వర్ణించిన స్వర్ణఫలక ప్రయోగమునుండి అతిసులభముగా యీవిషయమును తెలుసుకొనవచ్చును.

ఆల్ఫాకీరణముల ప్రవాహము, లోహఫలకముగుండా వెల్లునప్పుడు ప్రవర్తించేవిధానము, ఆలోహకేంద్రకంమీదవచ్చే విద్యుదావేశముమీద ఆధారపడి ఉంటుంది. ఆల్ఫాకీరణము అనేది ధనవిద్యుదావేశము చెందిన హీలియమ్ కేంద్రకము. మరొక ధనవిద్యుదావేశము కలిగిన పరమాణుకేంద్రకము దాపునకు వచ్చినప్పుడు ఆల్ఫాకీరణము త్రోసివేయబడుతుంది. ఎందువల్లనంటే ఒకేవిద్యుత్ ప్రేరణగలవి ఒకదానినొకటిత్రోసివేస్తవి. లోహకేంద్రకముమీద గల విద్యుత్ ప్రేరణముమీద, యీ వికర్షణ (Repulsion) ఆధారపడి ఉంటుంది. ఒకచిన్న ప్రేరణ కన్నా అధిక ధనవిద్యుత్ ప్రేరణ ఆల్ఫాకీరణము వికర్షణ చెందునటుల చేస్తుంది. ఒక లోహఫలకముగుండా ప్రయోగించే ఆల్ఫాకీరణముల ప్రవాహము, ఎంతగా చెదిరిపోయేదీ-లోహకేంద్రకముమీదనున్న విద్యుత్ ప్రేరణమీద ఆధారపడి ఉంటుంది. లోహముయొక్క పరమాణుసంఖ్యఎంత అధికమైతే ఆల్ఫాకీరణముల కీరణము అంతగా చెడిపోతుంది. ఎంతగా చెడిపోయేదీ కొలవటంవల్ల కేంద్రకముమీదనున్న విద్యుత్ ప్రేరణమీద ఆధారపడి ఉంటుంది. లోహముయొక్క పరమాణు సంఖ్యఎంత అధికమైతే ఆల్ఫాకీరణముల కీరణము అంతగా చెడిపోతుంది. ఎంతగా చెడిపోయేదీ కొలవటంవల్ల కేంద్రకము మీదనున్న విద్యుత్ ప్రేరణశక్తినిగూడా నిర్ణయించవచ్చును.

అనేక మూలపదార్థముల రేకులమీదజరిపిన ప్రయోగములవలన యీవిషయము యదార్థమని తెలిసినది. వివిధము

తన రేఖలద్వారా పోవునప్పుడు మూలపదార్థములపై ఒక దాని తర్వాతి ఒకటిగా విద్యుత్ ప్రేరణ అధికమౌచుచుంది, వంపుతిరిగే యీ కిరణస్వభావ పరిమాణంపలన విశదమౌచుచుంది. అంతేకాదు: పరమాణుసంఖ్య, ఒక్క- ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య మాత్రమేకాదు: పరమాణుకేంద్రకముమీదగల విద్యుత్ ప్రేరణసంఖ్యనుగూడా తెలియచేస్తుంది. ఇటువంటిములవిద్యుత్ ప్రేరణలు ఉజ్జీలను సమానం చేస్తాయి. దీని ఫలితంగా ఏర్పడు నదే ఏ విధమైన విద్యుత్ ప్రేరణలేని తాటస్యపరమాణువు. (Neutral Atom).

### 3. పరమాణు కేంద్రక సమాచారము:

నాభిస్థానమునందు కేంద్రకము, ఈ కేంద్రకమునకన్నా అనేకవేలరెట్లు పెద్దదైన ఆవరణమూ, కేంద్రకముచుట్టూ ఎలక్ట్రానులూ గల పరమాణుగూఢమును మనం గుర్తించాము. పరమాణుసంఖ్య అనగా మూలపదార్థావర్తన వట్టి కలోని పదార్థముయొక్క వరుససంఖ్య (Serial number) ఎలక్ట్రానులసంఖ్యను కేంద్రకముతో సమానముగానుండుటకు అవు సరమైన ధనవిద్యుత్ ప్రేరణలను నిర్ణయిస్తుంది. ఎలక్ట్రానుల భారము అతిస్వల్పము గనుక, పరమాణుభారము అనేది యదార్థానికి కేంద్రకముయొక్క భారమే.

ఎలక్ట్రానులను గురించినవిషయాలు మనం తెలుసుకుందాము. అవి ఋణవిద్యుచ్ఛక్తియొక్క యూనిట్లు. ఉదాహరణకు పరమాణు ద్రవ్యరాశితో పోల్చితే వీటి ద్రవ్యరాశి  $1/1840$  ఉంటుంది. కేంద్రకము అనగా ఏమిటి? ధనవిద్యుత్

ప్రేరణలూ, ద్రవ్యరాశీ, దీనియందు ఏవిధంగా అమరిఉన్నాయి? తన ఆలోచనాబలంవల్లా ప్రయోగపరిశీలనవల్లా రూథర్ ఫోర్డ్ నీనికి జవాబులు సంపాదించాడు. సోడియంనుంచి లభ్యమయ్యే ఆల్ఫాకణముల ప్రవాహముతో రకరకములైన పదార్థముల కేంద్రకములను ఢీకొట్టించి పగులగొట్టాలని ప్రయత్నాలు చేశాడు. మొదటఉడజని వాయువును తీసుకొని ప్రయోగం ప్రారంభించాడు. ఆల్ఫాకణములు ఉడజని వాయువులోని అవ్యక్తపదార్థములు సంఘర్షణచెందినప్పుడు పరిణామం ఎట్లా ఉంటుందో చూచాడు. స్వర్ణరేకునదుంకన్నా అధికవేగంతో ఋజుమార్గాన ముందుకు ఆల్ఫాకణము వెళ్ళినది. ఆల్ఫాకణము ఉడజని కేంద్రమునకన్నా నాలుగురెట్లు అధికభారము కలది. దాని ప్రయాణవేగము సెకనుకి 18,000 మైళ్ళు. అది ఉడజని పరమాణుకేంద్రమును తాకినప్పుడు కలిగెడు అగాదు (Impact) అతిశక్తివంతమైనది. ఇంత శక్తివంతమైన అగాదు కలిగినప్పటికీ ధనవిద్యుత్ ప్రేరణగల్గిన ఉడజనికేంద్రమున కన్నా బయల్పడలునది వేరేమీ లేదు.

ఆల్ఫాకణములతో నత్రజని వాయువును ఢీకొట్టడానికి రూథర్ ఫోర్డ్ ఆ తర్వాత ప్రయత్నించాడు. సంఘర్షణ తీవ్రత పూర్వమునకన్న అధికంగానే ఉన్నది. కాని చివరకు ఏర్పడినది ఉడజని కేంద్రకము మాత్రమే. దీనికి తర్వాత రూథర్ ఫోర్డ్ ఆల్ఫాకణము ప్రవాహమును సోడియం ఆవిరిలోనికి పోనిచ్చాడు. ఈమాటకూడా సంఘర్షణ ఫలితంగా బయటకు వచ్చినది ఉడజని కేంద్రకము మాత్రమే. ఇదేవిధంగా ఆల్ఫాకణములతో సంఘర్షణచెందిన అన్ని పదార్థములనుంచి ఉడజని

కేంద్రకాలు మాత్రమే ఏర్పడినవి కాని, మరొకటి వేరేదీ రూపు దాల్చలేదు. దీనినిబట్టి చూస్తే కేంద్రక నిర్మాణములో ఉదజని అయినము (Ion),  $H^+$  అనునది యూనిట్ అని భోస్తుంది. మూలపదార్థములు కృత్రిమ రూపాంతరణమునకు యీ ప్రయోగములే దారితీసినవి. రూథర్ ఫోర్డ్ చేసిన ప్రయోగము రసాయన పరమాణు తత్వశాస్త్రమునందు సూతన శక ప్రారంభమునకు బీజము వేసినది. రేడియో ధార్మికత కనుగొనబడినప్పటినుంచే, స్పెక్ట్రిలో రూపాంతర పరివర్తనలు సహజసిద్ధంగా జరిగిపోతూఉంటవని తత్వవేత్తలు తెలుసుకున్నారు. ప్రప్రథమంగా, రేడియో ధార్మికత పదార్థమును శక్తి ఉత్పత్తి స్థానముగా ఉపయోగించి కృత్రిమ పదార్థములను తయారుచేయుటకు సాధ్యమౌతుందని యిప్పుడు తెలుసుకొనబడింది.

విద్యుత్ ప్రేరణ కల్గిన ఉదజని కేంద్రకము, సర్వసామాన్యమైన దగుటవలన దానికి ఒక ప్రత్యేక నామకరణం చేయబడింది.  $H^+$ ను ప్రోటాన్ అని అంటారు. దీనిద్రవ్యరాసి 1, ధనవిద్యుత్ ప్రేరణ 1, ఆల్ఫాకణములతో ఢీకొట్టినప్పుడు వేరేదీబయటకు వస్తున్నటుల తెలియరాలేదు. కాబట్టి యిదే నిర్మాణమునందలి పరమప్రమాణ యూనిట్ అని, దీనినుంచే పరమాణుకేంద్రక నిర్మాణం జరుగుతుందనీ ఎంచబడింది.

కేంద్రకవిషయ పరిశీలనలో యిప్పుడొక ప్రశ్న తలెత్తుతుంది. ఉదజనియొక్క పరమాణుసంఖ్య 1. కాబట్టి దాని కేంద్రకము-భారము 1 ధనవిద్యుత్ ప్రేరణ 1 కలిగిన ప్రోటాన్. దీనికి చుట్టూగల ఆవరణమునందు ఒక ఎలక్ట్రాన్ ఉన్నది. హీలియమునే తీసుకోండి: దీని పరమాణుసంఖ్య 2. దీని పర

మాణువునందు 2 ఎలక్ట్రానులు ఉన్నాయి. కేంద్రకముమీద  
 నున్న 2 ధనవిద్యుత్ ప్రేరణలవల్ల యివి నిలవదొక్కుకున్నవి.  
 రెండు ధనవిద్యుత్ ప్రేరణలంటే రెండు ప్రోటానులన్నమాట.  
 కాని 2 ప్రోటానులు 2 పరమాణుయూనిట్లు తూగుతాయి;  
 హీలియం పరమాణుభారమేమో 4. మరి అధికంగా ఉన్న  
 ద్రవ్యరాసి ఎక్కడనుండి వచ్చినట్లు?

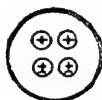
పరుసక్రమంలో తర్వాతవచ్చే మూలపదార్థముల  
 విషయంలోగూడా యిదే సమస్య తలెత్తుతుంది. లిథియమ్  
 యొక్క పరమాణుసంఖ్య 3. కాబట్టి దాని కేంద్రకప్రేరణ 3.  
 అందువల్ల దీనియొక్క కేంద్రకములో 3 ప్రోటానులు  
 ఉన్నాయి. కాని దీనియొక్క పరమాణుభారము 7. కాబట్టి  
 4యూనిట్ల ద్రవ్యరాశికి మనం లెక్కచెప్పనలసిఉన్నది. కర్బనం  
 తీసుకోండి: దాని పరమాణుసంఖ్య 6. దానికేంద్రకములో  
 6 ప్రోటానులు ఉన్నాయి. 6 ప్రోటానులబరువు 6 యూనిట్లు;  
 కాని కర్బనముయొక్క పరమాణుభారము 12. ఉదాహరించి  
 తర్వాతవచ్చే పదార్థముల పరమాణుసంఖ్యకన్నా పరమాణు  
 భారము ఘనము రెట్టింపు ఉంటుంది. బరువైన మూల  
 పదార్థములకు రెట్టింపుకన్నా అధికంగాఉంటుంది వెండియొక్క  
 పరమాణుసంఖ్య 47. దాని పరమాణుభారము 108; సీసము  
 యొక్క పరమాణుసంఖ్య 82, పరమాణుభారము 207;  
 యురేనియంయొక్క పరమాణుసంఖ్య 92, పరమాణుభారము  
 238. కేంద్రములలో అధికంగాఉన్న యీ భారము దేనివల్ల  
 వస్తోన్నది?

మమారు 20 సంవత్సరములవరకూ ఈవిక్కు ప్రశ్నకు శుమాధానమే ఎవ్వరికీ లభ్యంకాలేదు. కేంద్రకమునుంచి త్రోసివేయబడు కణము, ప్రోటాను మాత్రమేనెడు సత్యము మీద శాస్త్రవేత్తలు అప్పట్లో ఆధారపడవలసినచ్చినది : కాబట్టి పరమాణు భారమునకు సరిసమాన సంఖ్యగలిగిన ప్రోటానులతో కేంద్రకము నిండి ఉండుననీ, పరమాణు సంఖ్య కన్నా అధికంగాఉండే ధనివిద్యుత్ ప్రేరణలు, అంతే సంఖ్యగల ఎలక్ట్రానులవల్ల కేంద్రకమునందు తటస్థీకరణము (Neutral Lised) చెందుననీ సర్వసాధారణంగా నూచింపబడేది.

8వ చిత్రం సహాయంతో యీనూచనను మనం పరిశీలించవచ్చును. ఉదాహరణ : యదార్థమునకు, ద్రవ్యరాసి 4 యిచ్చునలుల హీలియమ్ నకు 4 ప్రోటానులు ఉన్నాయి. వానిలో 2 ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రానుతో మిళితమై, 2 తాటస్థ వర్గములను రూపొందించినవి. అప్పుడు కేంద్రకముమీదగల మొత్తము ప్రేరణ 2 ధనివిద్యుత్ యూనిట్లు. పరమాణు భారము 7, పరమాణు సంఖ్య 3 కలిగిన లిథియమ్ గూడ యిదే విధంగా ప్రవర్తిస్తుంది. ఇవి తన కేంద్రకమునందు 7 ప్రోటానులను కలిగియున్నది; వీటిలో 4, ఒక్కొక్క ఎలక్ట్రానువల్ల కేంద్రకములో తటస్థీకరణము చెందుతున్నవి. ఇక మిగిలిన ధనివిద్యుత్ ప్రేరణ 3 కేంద్రకమునకు వెలుపలనున్న 3 ఎలక్ట్రానులచే బ్యాలన్సు చేయబడుతున్నది.

ఈవిధంగా, పరమాణు సంఖ్య 92, పరమాణుభారము 238 గలిగిన యురేనియంలాంటి పదార్థమునుగూడా గుర్తించవచ్చును. యురేనియమును ఉదాహరణముగా తీసుకుందాము.

పరమాణు కేంద్రకమునకు వెలుపల 92 ఎలక్ట్రానులుఉన్నాయి; ఇవి ఋణవిద్యుదావేశముగలవి. యీ ఎలక్ట్రానులే యీ పదార్థముయొక్క రసాయన ధర్మములను నిర్ణయిస్తవి. దీని కేంద్రకమునందు 238 ప్రోటానులుఉన్నవి. వీటిలో 146 ప్రోటానులు, కేంద్రకమునందు ఒకొక్కటి ఒకొక్క ఎలక్ట్రానుచే తటస్థీకరము చేయబడుతుంది. ఇక మిగిలిన మొత్తము : ధన విద్యుదావేశము 92, వెలుపలనున్న 92 ఎలక్ట్రానులను బ్యాలన్స్ చేస్తుంది.



*Helium*



*Lithium*



*Uranium*

8 వ పటము.

ఈ వివరణము చాలావరకు యదార్థమైనట్లుగానే కనిపిస్తుంది. కాని ఎవరూగూడా తృప్తి చెందలేదు. యదార్థ సత్యములనుగురించిన వివరణము ఊహాజనకమైనది గావున - కేంద్రకములో తటస్థీకరణముచెందియున్న ప్రోటాను ఎలక్ట్రాను జంటల విషయం ఎవరికీ తృప్తికలిగించలేదు. అనేకప్రశ్నలకు జవాబు లభించనేలేదు.



1912లో పరిస్థితి యీవిధంగా ఉన్నది : 1932 వరకూ యీ సమస్య సమస్యగానే ఉండిపోయింది. ఈ మధ్యలో జరిగిన కొన్ని సంఘటనలు, పరమాణు నిర్మాణమునుగురించి అనేక సూతన విషయములను వెలుగులోనికి తెచ్చినవి.

#### 4. పరమాణువు : సూర్య గ్రహ మండలి

పరమాణు కేంద్రకముయొక్క ఉనికినిగురించి తెలిసిన తర్వాత, రెండుమార్గాలలో ప్రయోగములు కొనసాగినవి. మొదటిమార్గంద్వారా కేంద్రకముచుట్టూఉన్న ఎలక్ట్రానుల సద్బాటునుగురించి, మరొకమార్గంద్వారా కేంద్రక అంతర్భాగమును అన్వేషించు అనకాశములనుగురించి పరిశోధనలు ప్రారంభమయినవి. మన కథాక్రమము పరమాణువువద్ద ప్రారంభమై, కేంద్రకముద్వారా గమ్యమైన పరమాణుబాంబునకు చేరవలసిఉన్నది. ఎక్కడైనా కొంతతడవు ఎలక్ట్రానులను గురించి ముచ్చటించుకున్నామూ అంటే ప్రక్కమార్గమునకు మళ్ళుతున్నట్లే. కాని కథాక్రమ 'నిండుతనం' కోసం ఈప్రకరణమంతా ఎలక్ట్రానులనుగురించే చెప్పదలచుకొన్నాను. కేంద్రకము అనేది సంపూర్ణంగా పరమాణువు కాదు. ఇంతవరకూ పాఠకుడు నాతోపాటు నడిచివచ్చాడూ అంటే బహుశః అతనికి పరమాణు సంపూర్ణ నిర్మాణమునందు ఆసక్తికలిగి ఉండవచ్చును. పరమాణు కేంద్రక ఉనికినిగురించి గూథర్ ఫోర్డ్ ప్రకటించగానే, వెనువెంటనే 1912లో నిఎల్స్ బోర్ ప్రయోగములు ప్రారంభించాడు. ఈయన అభిప్రాయముల ఆధారంతో,

కేంద్రకముచుట్టూగల ఎలక్ట్రానులనుగురించిన పరిశోధనలు ఎంతో చురుకుగా ముందుకుసాగాయి.

కేంద్రకము సైజుతో గనక పోల్చిచూస్తే, పరమాణువులో కేంద్రకమునకువెలుపలఉండే ఆవరణ, ఎంతో సువిశాలముగా ఉంటుంది. అతినూత్రుతరమైన ఎలక్ట్రానుతో పోల్చిచూస్తే, యీ ఆవరణ మరీ విశాలముగా ఉంటుంది. ఉదజని పరమాణువులోగల ఏకైక ఎలక్ట్రాన్, పరమాణు వెలుపలి అంచుకు దగ్గరలో ఉంటుంది. కేంద్రకాన్ని గనుక ఒక బంతిగా ఊహిస్తేదీని ఎలక్ట్రాన్ పదివీధుల చివరన ఉంటుంది. యదార్థానికి ఈ పరమాణుదూరము అతిస్వల్పమే. ఉదజని పరమాణువు వ్యాసము (Diameter) ఒక అంగుళంలో షుమారు  $1/200,000,000$  వంతు ఉంటుంది. మరోవిధంగా చెప్పవలసి వస్తే అంగుళం మేరలో 200,000,000 ఉదజనిపరమాణువులను ఒకదానిప్రక్క నొకదానినిగా జేర్చవచ్చును. కేంద్రకము, ఎలక్ట్రానులతో పోల్చిచూస్తే పరమాణు , ఆవరణము (Space) అంతతులేనంత పరిమాణంలో ఉన్నట్లుగా కనిపిస్తుంది.

కేంద్రకముచుట్టూ ఆవరించియున్న యీ ఆవరణములోనే ఎలక్ట్రానులు కనపడాలి. అవి చెల్లాచెదురుగా యిష్టమొచ్చినరీతిని ఉండవు. మూలపదార్థావరణ పట్టికలోనే అంత క్రమపద్ధతి (Regularity) ఉండగా, కేంద్రక ఆవరణ ఊత్రములో ఏదో ఒక క్రమపద్ధతిలో అమర్చబడకుండా యీ ఎలక్ట్రానులు కుప్పతిప్పలుగా పోగులుపోసినట్లు ఉండజాలవు. రసాయనశాస్త్రము యావత్తూ ఎలక్ట్రానులలో కొన్నిటి ప్రవర్తనమీదనే ఆధారపడియున్నది; ఎందువల్లనంటే, అణువు

లుగా పరమాణువులు సమైక్యమై రసాయన బంధములు (Bonds) ఏర్పడుటకు - యివి గ్రహించబడే పద్ధతే యిందుకు కారణము, అంతేగాకుండా మూలపదార్థావర్తన పట్టికలో ప్రతి మూలపదార్థమూ తన ప్రక్కనున్న పదార్థమునకున్న ఒక ఎలక్ట్రానును అధికంగా కలిగిఉన్నది. ఎలక్ట్రానులు ఒక క్రమపద్ధతిలో తప్పక సర్దుబాటు చేయబడిఉంటవి.

మూలపదార్థావర్తన పట్టికలో లిథియం క్రింద పొడుగునాఉన్న గళ్యను ఒకసారి పరికిద్దాము (2వ చిత్రము). ఈ గళ్యలో మొత్తని క్షౌరలోహములైన లిథియం, సోడియం, పొటాసియం, రుబిడియమ్, సెసియమ్ ఫ్రాన్సియం ఉన్నవి. వీటితో మనకు యిదివరకే పరిచయమయినది. ఉదజని రెండు గళ్యలో ఉండవచ్చును. ప్రస్తుతము దానిలోకూడా జేర్ప వచ్చును. ఈ మూలపదార్థములన్నీ ఏక బంధయుతములు (Monovalents). ఒక రసాయన బంధముగలవి. ఏక బంధ యుతము అనగా వాటి ఉపరిభాగమునందు ఒక ఎలక్ట్రాన్ ఉండుననీ మరొక మూలపదార్థముతో పాలు పంచుకొన వచ్చుననీ అర్థము.

ఒకే ఎలక్ట్రాన్ ఉండుటవలన ఉదజని ఏక బంధ యుతము. కాని లిథియమునకు మూడు ఎలక్ట్రానులుగలవు; అయినప్పటికీ ఒక ఎలక్ట్రాన్ ఉపరిభాగమునందు ఉన్నట్లు చరిస్తుంది. అదేవిధంగా సోడియమునకు 11 ఎలక్ట్రానులు ఉన్నాయి. అయినా పరమాణుకగ్రహణకొరకు ఒక ఎలక్ట్రాన్ ఉపరిభాగమున ఉంటుంది. అదేవిధంగా 19 ఎలక్ట్రానులుగల

దాని ఫలితంగా అతినూత్నతరమైన విషయాలనుగూడా తెలుసుకున్నారు. వివిధ పరిస్థితులయందు మూలపదార్థములు ఏ ఏ రంగురంగుల వెలుగును విడుదల చేస్తాయో, లోనికి తీసు కుంటాయో మొదలయిన విషయములనుగురించిన శాస్త్ర పరి శోధన అత్యున్నత మేధాశక్తి నీ కాగ్యదక్షతను నిరూపిస్తుంది.

అయితే యిప్పుడు ఈ విషయపరిజ్ఞానంతో మనకు అవ సరంలేదు. ఎంత ఆకర్షణీయంగా అందంగా కనిపిస్తున్నప్పటికీ యీ షేత్రమునువదిలి, కేంద్రక అంతర్భాగములోనికి వెళ్ళి అక్కడినిర్మాణక్రమము, ఏవిధంగా పరమాణు స్వరూపమునకు దారితీసినదీ మనం పరిశీలిద్దాము.

లుగా పరమాణువులు సమైక్యమై రసాయన బంధములు (Bonds) ఏర్పడుటకు - యివి గ్రహించబడే పద్ధతే యిందుకు కారణము, అంతేగాకుండా మూలపదార్థానర్తన పట్టికలో ప్రతి మూలపదార్థమూ తన ప్రక్కనున్న పదార్థమునకున్న ఒక ఎలక్ట్రానును అధికంగా కలిగిఉన్నది. ఎలక్ట్రానులు ఒక క్రమవద్దతిలో తప్పక సర్దుబాటు చేయబడిఉంటవి.

మూలపదార్థానర్తన పట్టికలో లిథియం క్రింద పొడుగునాఉన్న గళ్యను ఒకసారి పరికిద్దాము (2వ చిత్రము). ఈ గళ్యలో మొత్తని క్షారలోహములైన లిథియం, సోడియం, పొటాసియం, రుబిడియమ్, సెసియమ్ ప్రాస్నియం ఉన్నవి. వీటితో మనకు యిదివరకే పరిచయమయినది. ఉదజని రెండు గళ్యలో ఉండవచ్చును. ప్రస్తుతము దానిలోకూడా జేర్ప వచ్చును. ఈ మూలపదార్థములన్నీ ఏక బంధయుతములు (Monovalents). ఒక రసాయన బంధముగలివి. ఏక బంధ యుతము అనగా వాటి ఉపరిభాగమునందు ఒక ఎలక్ట్రాన్ ఉండుననీ మరొక మూలపదార్థముతో పాలు పంచుకొ వచ్చుననీ అర్థము.

ఒకే ఎలక్ట్రాన్ ఉండుటవలన ఉదజని ఏక బంధ యుతము. కాని లిథియమునకు మూడు ఎలక్ట్రానులుగలవు; అయినప్పటికీ ఒక ఎలక్ట్రాన్ ఉపరిభాగమునందు ఉన్నట్లు చరిస్తుంది. అదేవిధంగా సోడియమునకు 11 ఎలక్ట్రానులు ఉన్నాయి. అయినా పరమాణుకగ్రహణకొరకు ఒక ఎలక్ట్రాన్ ఉపరిభాగమున ఉంటుంది. అదేవిధంగా 19 ఎలక్ట్రానులుగల

దాని ఫలితంగా అతినూత్నతరమైన విషయాలనుగూడా తెలుసుకున్నారు. వివిధ పరిస్థితులయందు మూలపదార్థములు ఏ ఏ రంగురంగుల వెలుగును విడుదల చేస్తాయో, లోనికి తీసు కుంటాయో మొదలయిన విషయములనుగురించిన శాస్త్ర పరి శోధన అత్యున్నత మేధాశక్తి నీ కాగ్యదక్షతను నిరూపిస్తుంది.

అయితే యిప్పుడు ఈ విషయపరిజ్ఞానంతో మనకు అవ సరంలేదు. ఎంత ఆకర్షణీయంగా అందంగా కనిపిస్తున్నప్పటికీ యీ ఔష్రమునువదిలి, కేంద్రక అంతర్భాగములోనికి వెళ్ళి అక్కడినిర్మాణక్రమము, ఏవిధంగా పరమాణు స్వరూపమునకు దారితీసినదీ మనం పరిశీలిద్దాము.

## IV

### పరమాణు నిర్మాణం పూర్తిఅయినది

#### 1. ఐసోటోపులు :

బాహ్య అభిన్న స్వరూపములు  
అంతర విభిన్న స్వరూపములుకలిగిన  
పరమాణువులు

పరమాణువులు, ప్రోటానులతోనూ ఎలక్ట్రానుల తోనూ నిర్మింపబడినవి. ప్రోటానీబరువు 1 యూనిట్, ఎలక్ట్రాన్ బరువు  $1/1840$  లేక 0.00054 యూనిట్. ఎలక్ట్రాన్ బరువు అత్యంత స్వల్పముగదా. మరి మూలపదార్థముల పరమాణుభారము పూర్ణసంఖ్యగా గాని లేక దాదాపు పూర్ణ సంఖ్యగా గాని ఎందుకు లేదు?

ఈ సమస్య అతి పురాతనమైనది. పంథ "మిర్రిదవళతాబ్ది పారంభంలో డాల్టన్ పండితుడు పరమాణుసిద్ధాంతమును సూచించిన తర్వాత, ప్రొట్ అనే తత్వవేత్త పరమాణువులన్నీ ఊదజనితో నిర్మింపబడి ఉండవచ్చునని సూచించాడు. కాని మూలపదార్థముల పరమాణుభారములు, ఉదజనిభారమునకు పరిమైన గుణిజములు (Multiples) కాకపోవుటవలన, యీ

నూచనను త్రోసివేయవలసివచ్చినది. 1900 సంవత్సరమున కల్లా పరమాణుభారముల యదార్థసంఖ్యను తెలుసుకోగలిగారు. అవి సంపూర్ణసంఖ్యలూకావు; ఉదాహరణకు గుణిజములూకావు. ప్రోటోయొక్క కాలపనిక సిద్ధాంతము (hypothesis) ఎప్పుడో వదిలివేయబడింది. అయినప్పటికీ పరమాణువులన్నీ ప్రోటానులు ఎలక్ట్రానులతో నిర్మితపబడుతున్నాయని భావిస్తూ ఉండటంవల్ల, యీ సిద్ధాంతమునకు ఆధారం లేకపోలేదని తెలుస్తుంది పరమాణునిర్మాణంగురించి మనసిద్ధాంతమే గనుక యదార్థమైతే, మరి పరమాణుభావములు సంపూర్ణ సంఖ్యలుగా లేకపోవడానికి కారణం ఏమిటి?

అద్భుతవశాత్తూ ఈ ప్రశ్న, పరిశోధకులను ఎంతో కాలం చికాకున పెట్టలేదు. పరమాణుకేంద్రక నిర్మాణమును గురించి రూథర్ ఫోర్డ్ పండితుడు ఏమిటో ఋజువుచేశాడో ఆనాడే మిగతా ప్రకృతి (Phenomena) దీనికి జవాబును సూచించింది. రసాయనికంగా వేరువరచి పరిశుభ్రంచేసే మూలపదార్థములు నిజానికి ఒకేఒక మూలపదార్థములు కావు, వాటిలో యితర పదార్థాలుగూడా కలిసి మిశ్రమాలుగా ఉంటవి. ఈ కారణం వల్లనే పరమాణుభారములు సంపూర్ణ సంఖ్యలుగా ఉండవు. ఈవిషయమునుగురించి కొంత విపులీకరించి చెప్పవలసి ఉన్నది.

అయోనియం మూలపదార్థమును తీసుకోండి. 1906లో అది ఒక నూతన మూలపదార్థము. ఏల్ నివాసియైన B. B. బోల్ట్ ఉడేపండితుడు దీనిని కనుగొన్నాడు. పిచ్ బ్లెండ్ నుంచి ఈ పదార్థమును ఆయన వేరుచేశాడు. ఈ ఖనిజంలో



ఎంతో యుక్తేనియం ఉంటుంది. ప్రపంచమును దిగ్భ్రాంతి నొందించిన రేడియమ్ ను, కూరీదంపతులు యీ పిచ్ బ్లెండ్ నుంచే అనేక సంవత్సరములక్రితం బయటకు తీశారు. అయోనియము యొక్క రసాయనిక ధర్మములను గురించి జరిపిన పరిశోధనలవల్ల, ఈ పదార్థమునకు, ఘోరియమునకు పోలిక ఉన్నట్లు కనుగొనబడింది. ఘోరియమునకు వలెనే దీనికి సూడా అదే వర్ణ లక్షణములు, అదే క్వధనాంకము (Melting Point) అదే స్వరూపము ఉన్నది. అయితే యీ రెండు మూలపదార్థముల పరమాణు భారములోనూ తేడా ఉన్నది అయోనియము యొక్క పరమాణుభారము 231.5, ఘోరియము యొక్క పరమాణుభారము 232.1.

అయోనియము ఘోరియములను ఒకదానితో ఒకటి పోల్చిచూస్తే రసాయనకంగా అవి ఒకేరీతిని ఉండుటయే కాదు. వాటిలో విభేదంగాడా ఏమీ ఉన్నట్లు అనిపించదు. వీటిని రెండింటిని కలిపి వేసినప్పుడు యిక విడదీయటానికి తరంకాదు. తరుగుదల (Solubility) క్వధనాంకము (Boiling Point), సమ్మేళనశక్తి (Combining Capacity) అనే పదార్థ ధర్మములయందలి తేడాలవల్ల, రసాయన చర్యద్వారా పదార్థములను వేరుచేయడానికి చాలవరకు వీలవుతుంది. వివిధములైన రెండు పదార్థములు ఒక ద్రవములో కరిగినప్పుడు మరొక ద్రవమును గనుక కలిపితే ఒక పదార్థము అవక్షేప (Precipitate) గూపం దాలుస్తుంది, రెండవ పదార్థము ద్రావకములో మిగిలిపోతుంది. కాని ఘోరియము, అయోనియము ఒకే రసాయనిక ధర్మములను కలిగియుండుటవలన, వీటిని వేరుపర్చడానికి సాధ్యపడదు.

అయినాగూడా, వాటి పరమాణుభారములు వేరువేరుగా ఉండటంవల్ల అవి రెండూ ఒకే పదార్థము కాలేవు.

పరమాణుభారములలోని తరతమ్యము 0.6 మాత్రమే. అతిస్వల్పమే అయినప్పటికీ పరమాణుభారములు దశాంశములలో చాలా స్థానములవరకు ఎంతో నేర్పుతో గుర్తించటం వల్ల యీ 0.6 తారతమ్యముగూడా తప్పక లెక్కలోనికి తీసుకొనవలసినదే. కాబట్టి ధర్మములు ఒకటే అయినా వేర్వేరు పరమాణుభారములు కలిగిన ఒకేరకమైన రెండు పదార్థములను మనం చూశాము.

ఇది నిజంగా చిక్కుసమస్యే. కాని యీ సందర్భంలో వచ్చే చిక్కులుగూడా జంటలు జంటలుగా వచ్చాయి. ఇక్కడ ఒక విషయం జాపకం చేసుకోవాలి: రేడియం ఒకేసారి ఆల్ఫా కణములను, ఎలక్ట్రానులను, గామాకిరణములను విడుదలచేసి రాడాన్ గా మిగిలిపోతుంది. రాడాన్ గూడా స్వతస్సిద్ధంగా రేడియో ధార్మికత కలిగినది. కొద్దిసేపట్లో అది రేడియో - A గా మారిపోతుంది. దానికిగూడా రేడియం ధార్మికత ఉంది. ఈ రేడియం A కాస్తా రేడియం B గా మిగులుతుంది. ఇది రేడియం - C గా మారుతుంది, ఈ విధంగా పరావర్తనములు చెందుతూపోయి సీసమును పోలిన ఒక స్థిర (Stable) పదార్థంగా నిలిచేపోతుంది. స్వరూపంలోనూ, రసాయనిక లక్షణాలలోనూ, రంగు ధర్మాలలోనూ ఈ పదార్థము అచ్చు గుద్దినట్లుగా సీసమును పోలిఉంటుంది. దీనిని గతక సామాన్య సీసముతో కలిపితే, యిక ఆ మిశ్రమమునుంచి వాటిని వేరు

పేరుగా విడతియ్యడానికి సాధ్యపడదు. అయినప్పటికీ అవి రెండూ రెండు చోట్ల ఉత్పత్తి అయినవి.

సమస్యను క్లిష్టతరం చేయుటకు రెండేగాకుండా మరొక రకమైన సీసముగూడా ఉన్నది. ఈ మూలపదార్థము ధోరి యము. పరమాణు సంఖ్య 90. దీనికి తనంతటతానుగా రేడియో ధార్మికత కలిగిఉన్నది. రేడియమువలెనే ఇదిగూడా అనేక పరుసక్రమ మార్పులను చెందుతుంది. పరుసక్రమంలో చివరకు, సరిగ్గా సీసము ఆకారమూ, స్వభావము కలిగిన ఒక పదార్థము మిగులుతుంది.

అయోనియము-ధోరియము, ఒకే పోలికలు కలిగిన మూడురకముల సీసము-ఈ జటిల సమస్యయొక్క అంతరార్థమును 1910 ప్రాంతంలోనే ఫ్రెడిరిల్ సాడ్లీ అనే తత్వవేత్త ఊహించాడు. ఈమూడు సీసముల పరమాణుభారము వేర్వేరుగా ఉంటుంది: ధోరియమునుంచి వచ్చినదాని బరువు మామూలు సీసమునుంచి వచ్చిన బరువునకు అధికముగా ఉంటుంది. ఇక రేడియంనుంచి వచ్చినదాని బరువు తక్కువుగా ఉంటుంది-అని అతి ధైర్యంగా ఆయన జోస్యం చెప్పాడు. అదేవిధంగా కాస్మిర్ ఫజన్స్ అనే పండితుడుగూడా జోస్యంపలికాడు. ఈ రెండు జోస్యములూ యధార్థములైనవి. సామాన్యసీసముయొక్క పరమాణు భారము 207.2, ధోరియం సీసముయొక్క పరమాణుభారము 207.2, యిక రేడియంయొక్క పరమాణుభారము 206.1 ఒకటి 0.7 అధికం. ఇక రెండవది సామాన్య సీసముకన్నా 1.1 తక్కువ. పరమాణుభారములను నిర్ణయించుటలో

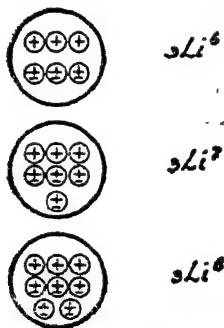
నిపుణులైన మేధావులచే యీవిలువలు కనుగొనబడినవి. వీరిలో ముఖ్యులు అమెరికా వాస్తవ్యుడు థియోడోర్ W. రిచర్డ్స్, జర్మనీ తత్వవేత్త, O హోనిగ్ స్కిమిడ్ ముఖ్యులు. ఈ మూల పదార్థములు వేర్వేరు పరమాణుభారములు కలిగి ఒకే పోలికనడగ్గాయి. ఇది ఎట్లా సంభవం?

సాక్షి పండితుడు వీటికి ఐసోటోపులు అని నామకరణం చేశాడు. పరమాణునిర్మాణదృష్ట్యా యీ ఐసోటోపులు దేనికీ ప్రాతినిధ్యంవహిస్తాయో ఆయన విశదీకరించాడు. గ్రీకుభాషలో 'ఐసో' అంటే ఒకేరకమైన అనీ 'టోపోస్' అంటే మచ్చ లేక అవరణము అనీ అర్థము. మూలపదార్థావరణ పటికలో ఒకే అవరణను ఆక్రమించు మూలపదార్థములే ఐసోటోపులు. పరమాణుభారములందు భేదముఉంటే ఉండుగాక, వాటికి పరమాణుసంఖ్య, ఒకరకమైన రసాయన ధర్మాలు ఉంటవి. కేంద్రకముమీదనున్న ధనవిద్యుత్ ప్రేరణల మొత్తమునకు సరి సమానంగా, కేంద్రకమునకు వెలుపలనున్న ఎలక్ట్రానుల సంఖ్య ననుసరించి మూలపదార్థముల ధర్మములు నిర్ణయింపబడునని మనం తెలిసికొని యున్నాము. రసాయనికంగా రెండు పదార్థములను వేర్వేరుగా గుర్తించుటకు వీలులేనప్పుడు, కేంద్రకముమీదనున్న ధనవిద్యుత్ ప్రేరణ సంఖ్య ఒకటే అయి ఉండాలి. కేంద్రకమునకు వెలుపల ఒకేసంఖ్యగల ఎలక్ట్రానులు ఉండాలి. వలయములలో వాటి ఏర్పాటు ఒకేతీరున ఉండి ఉండాలి.

అయినప్పటికీ, కేంద్రకములో దానికి కావలసిన మొత్తము విద్యుత్ ప్రేరణ నిచ్చేదానికన్నా అధికంగా ప్రోటాన్

మలు ఉంటాయి. ఉదాహరణకు, హీలియమునందు కేంద్ర కములో 2 ప్రోటానులు ఉన్నవి. ఇవి ధనవిద్యుత్ ప్రేరణల నిస్తుంది; కాని దీని పరమాణుభారము 4. కాబట్టి కేంద్రకము నందు అధికంగా 2 ద్రవ్యరాసిని సరఫరా చేసేది మరేదో ఉండిఉంటుంది.

ఈ సమయమునందు, కేంద్రకములో అధికంగా ఉన్న ద్రవ్యరాసి 2, మరియొక ప్రోటానులవల్ల సంపాద్య మవుతున్న దనీ యీ ప్రోటానులు ఒకొక్కటి ఒకొక్కటి ఎలక్ట్రానుచే కేంద్ర కమునందు తటస్థీకరణము చెందుచున్నవని భావించబడినది. పరమాణుభారము 7, పరమాణుసంఖ్యకి కలిగిన లిథియము



11 వ పటము

కేంద్రకమునందు 7 ప్రోటానులు వున్నవి. వీటిలో 4 కేంద్ర కమునందు ఎలక్ట్రానులచే తటస్థీకరణము చేయబడుచున్నవి, ఇకపోతే కేంద్రక ప్రేరణ 3 మిగులుతున్నది.

లిథియము పరమాణువు 11వ చిత్రములో నున్నరీతిన మరొకవిధంగా నిర్మింపబడి ఉన్నదని భావిద్దాము. దీనియొక్క

కేంద్రకమునందు 6 ప్రోటానులు ఉన్నవనీ, వీటిలో 3 ప్రోటానులు 3 ఎలక్ట్రానులచే అంతర్గతముగా తటస్థీకరణము చెందినవనీ అనుకుందాము. కేంద్రకమునందు యింకా 3 ధనవిద్యుత్ ప్రేరణలు ఉన్నాయి. పరమాణువునందు యిదివరకు వలెనే 3ఎలక్ట్రానులతోకూడిన రెండు వలయములు ఉన్నాయి.. వలయములలోని ఎలక్ట్రానులనుబట్టి రసాయన ధర్మములు నిర్ణయింపబడుతవి కనుక ఈపరమాణువుకు లిథియం పరమాణువుకు రసాయనికముగా భేదము కనుపించదు. దీనికి అదే పరమాణు సంఖ్య 3 ఉంటుంది, మూలపదార్థావర్తన పట్టికలో అదే స్థలమును ఆక్రమిస్తుంది. కాని దీని పరమాణుభారము మామూలు లిథియంభారమునకన్నా 1 యూనిట్ తక్కువగా ఉంటుంది. అంటే పరమాణుభారము 7 నకు బదులు 6 ఉంటుంది.

మరొక ఉదాహరణ తీసుకుందాము. ఒక పరమాణువు కేంద్రకములో 8 ప్రోటానులు ఉన్నవనుకోండి, ఈ 8 ప్రోటానులలో 5 అంతర్గతముగా (Internally) తటస్థీకరణము చెందుతాయి. కేంద్రకముమీదఉండే మొత్తము ప్రేరణము తిరిగి 3 ఉంటుంది, పరమాణువు వెలుపల 3 ఎలక్ట్రానులు రెండు వలయములలో అమర్చబడి ఉంటాయి. అలాంటి పరమాణువునకు, లిథియమునకుగల అన్నిరసాయన లక్షణాలూ ఉంటాయి; దాని పరమాణు సంఖ్య 3 అయి ఉంటుంది. మూలపదార్థావర్తన పట్టికలో లిథియంఉన్న గడినే యిది గూడా ఆక్రమిస్తుంది. కాని దీని పరమాణుభారము 7 కు బదులు 8 అయి ఉంటుంది.

సాక్షి పండితుని సిద్ధాంత ప్రకారము యీ మూడు రకముల లిథియమ్, ఐసోటోపులు అవుతవి. రసాయనకముగా ఒకే వాలికగల సదాగ్రములే కాని పరమాణుభారములు మాత్రము వేర్వేరుగా ఉంటవి. ఈ పద్ధతినే, అయోనియం, ధోరియం, మూడు రకముల సీసములను సాక్షి వినరించాడు. అయోనియము ధోరియము ఐసోటోపులు: వాటి రెండింటి పరమాణు సంఖ్య 90, ఒకే సంఖ్యగల కేంద్రకప్రేరణలు. కేంద్రకమునకు బదులు ఒకే వలయమునందు అమర్చబడిన ఒకే సంఖ్యగల ఎలక్ట్రానులు వీటికి ఉన్నాయి. కేంద్రకమునందు అంతర్గతముగా తటస్థీకరణముచెందిన ప్రోటానుల సంఖ్యలో తేడా ఉంటుంది. దీనివల్లనే పరమాణుభారమందలి తేడా. ఇదేవిధంగా సీసము, రేడియం - సీసము, ధోరియం - సీసము, ఐసోటోపులు: వాటి పరమాణు సంఖ్య ఒక్కటే. కేంద్రకములో అంతర్గతముగా తటస్థీకరణముచెందిన ప్రోటానుల సంఖ్యలో తేడా ఉంటుంది; ఇదే వాటి పరమాణుభారమును నిర్ణయిస్తుంది.

సాక్షి పండితుని సిద్ధాంతము, అయోనియము - ధోరియము ఒకదానినిబోలి మరొకటిబోలిఉన్నా, వాటి పరమాణుభారములో ఎందువల్ల తేడా ఉన్నదో వివరిస్తుంది. కాని వీటిలో దేని పరమాణుభారమూ సంపూర్ణసంఖ్యకాదనే సత్యాన్ని యిది ఎట్లా వివరించి చెప్పగలదు? ఈ ప్రశ్నకు జవాబు పొడ్డికి తెలుసును. అయోనియము గాని ధోరియము గాని పరిశుద్ధమైన ఐసోటోపు కాదు, ప్రతిఒక్కటి మిశ్రమపదార్థమే.

లిథియమును పరిశీలించటం అతి సులభము : మూడు రకములుగా లిథియము లభ్యం కాగలదనీ, రసాయనకంగా అవి ఒకే స్వరూపంగల ఐసోటోపు లని యింతకుముందే మనం తెలుసుకున్నాము. మామూలు పదార్థపరమాణు భారము 7, తేలికదాని పరమాణుభారము 6, బరువైనదాని పరమాణుభారము 8. ప్రకృతిలో దొరికే సాధారణ లిథియము- ఒక తేలిక ఐసోటోప్ 2వ ఒక బరువు ఐసోటోప్ కలిసిన మిశ్రమంగా ఉండినది. వాటిని రెండింటిని సమానపాళ్ళలో కలిపితే మిశ్రమంయొక్క పరమాణుభారము 6కి 7కి మధ్యన ఉంటుంది; అంటే మిశ్రమపరమాణుభారము 6.5; అన్నమాట. లిథియంయొక్క అసలు పరమాణుభారము 6.94. ఈ సంఖ్య 7కి చాలాదగ్గరలో ఉన్నది. అందువల్ల మిశ్రమంలో ప్రతిభారమైన పరమాణువులకి ఒక ఐసోటోప్ వంతున ఉండవచ్చును.

ఈ సృష్టిలో లభ్యమయ్యే మూలపదార్థములలో చాలవరకు ఐసోటోపులు కలిసిన మిశ్రమాలు అని అనుకొందాము. సంపూర్ణ సంఖ్యలుగా పరమాణుభారములు ఉండక పోవటానికి కారణము, సహజముగా లభ్యమయ్యే మూలపదార్థములలోని వివిధములైన ఐసోటోపుల తారతమ్య మొత్తములే కీలకమనవచ్చును. ఇది సత్యమని రూఢియైనది. అయితే 1910లో ఇదంతా ఊహాసంబంధమైన అద్భుత కల్పనమాత్రమే.

ఈ భాగమును ముగించేముందు ఐసోటోపులను ఎట్లా గుర్తించాలో మనం తెలుసుకోవాలి. ఎందువల్లనంటే ముందు కథాక్రమంలో వీటి అవసరం మనకు ఎంతైనా ఉన్నది. లిథియమును మరొక్కసారి ఉదాహరణగా తీసుకొందాము.



లిథియము యొక్క పరమాణుసంఖ్య 3. దీనికి సర్వసాధారణమైన ఐసోటోప్ పరమాణుభారము 7. కాబట్టి ఈ ఐసోటోపును  ${}^7\text{Li}$  అని వ్రాస్తారు; ఎడమవైపున గల సంఖ్య పరమాణుసంఖ్యను, కుడివైపుననున్న సంఖ్య పరమాణుభారమును తెలియజేస్తుంది. సర్వసాధారణము కాని దీనియొక్క ఐసోటోపు  ${}^6\text{Li}$ . సిద్ధాంతీకృత (theoretical) ఐసోటోపు  ${}^8\text{Li}$  యింతవరకు కనుగొనబడలేదు; స్వాభావికంగా యిది అస్థిరమైనది. ఐసోటోపులు వాటిపరమాణుభారములలో మాత్రమే గుర్తించబడతాయి. వాటిపరమాణు సంఖ్య వదిలివేయబడుతుంది, అనేవిషయం అందరికీ తెలిసినదే. ఈ విధంగా మనం, లిథియం 6 అనీ, లిథియం 7 అనీ, ఉనికి లేని ఐసోటోప్, లిథియం-8 అనీ పేర్కొంటూ ఉంటాము.

మళ్ళీ మన కథలోకి ప్రవేశిద్దాము. దీనికి వెనువెంటనే తర్వాతకాలంలో అనేక ఐసోటోపులు కనుగొనబడ్డాయి. అయితే యిది సాక్షిచూపిన విధానంవల్ల కాకుండా మరో మార్గాన కనుగొనబడ్డాయి.

## 2. గుత్తులలో ఐసోటోపులు

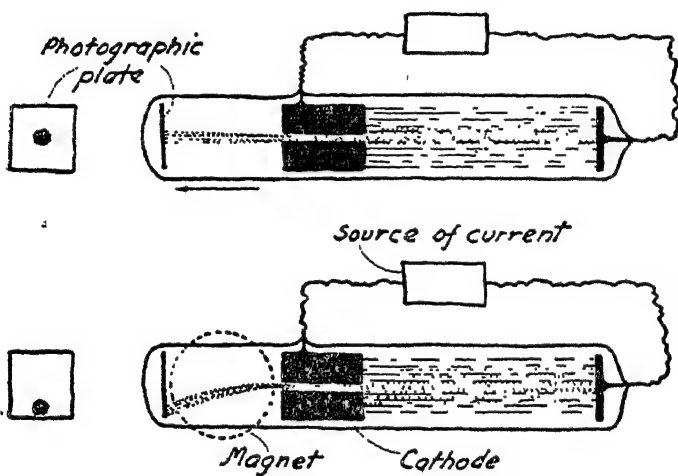
పూర్వపు గైస్లెర్ నాళికలవద్దకు మరలివెళ్లాం వదండి, వెళ్ళి అపి ఎట్లా ఉన్నాయో పరిశీలిద్దాము. గైస్లెయిర్ ట్యూబ్ అనేది ఒక గాజునాళిక. దీనిలోని గాలి చాలాభాగం తీసివేయబడుతుంది. ఇరువైపులా ఉన్న లోహఫలకాల మధ్య నుంచి విద్యుత్ ప్రవాహము ప్రయాణిస్తుంది. దీనిలో ఒక ఫలకము ఋణము (Negative) ఈ ఫలకమునుంచి ధారగా ఎల

క్ష్మానుల ప్రవాహము మధ్యనున్న ప్రదేశముగుండా ప్రయాణించి ధన (Positive) కేంద్రమైన రెండవ ఫలకమువద్దకు జేరుతుంది. ఋణవిద్యుత్ ఫలకము కాథోడ్, ధనవిద్యుత్ ఫలకము ఏనోడ్.

నాళికలోని వాయువుగుండా విద్యుచ్ఛక్తి ప్రవహించునప్పుడు, వాయువునుంచి ఋణవిద్యుత్ ప్రేరణ గల్గిన ఎలక్ట్రాన్లును తొలగించి కాథోడ్నుంచి ఏనోడ్ నకు జేరవేస్తుంది. ఇక పరమాణువులలో మిగిలినవి ధనవిద్యుదావేశము గల్గిన అయనములు. అవి ఎదురుదిక్కుగా ఏనోడ్నుంచి ఋణవిద్యుత్ కేంద్రమైన కాథోడ్ వైపుకు ప్రయాణిస్తాయి. ఋణవిద్యుదావేశము కలిగిన అయనములను ప్రప్రథమంగా కనిపెట్టినప్పుడు వాటిని ధనవిద్యుత్ కిరణములు అని పిల్చేవారు. వాటినిగురించి జరిపిన పరిశీలనలే ఐసోటోపులను గురించి మన విజ్ఞానాభివృద్ధికి తోడ్పడినవి.

ఈ ధనవిద్యుత్ కిరణముల లక్షణములను తెలుసుకొనుటకుగాను J. J. థాంసన్ పండితుడు పూర్వపు రోజుల్లో ఉపయోగించే నాళికకు బదులు ఒక కొత్త రకం నాళికను రూపొందించాడు. 12 వ చిత్రములో చూపించిన రీతిగా ధనవిద్యుత్ కిరణములు కుడినుంచి ఎడమవైపునకు ప్రయాణిస్తున్నట్లయితే వాటిని పట్టుకొని పరిశీలించటం మంచిది. అందుకుగాను థాంసన్ పండితుడు ఒక దళసరి కాథోడ్ను ఉపయోగించాడు. దానికి మధ్యభాగంలో ఒక పొడుగైన రంధ్రాన్ని తొలిచాడు. కాథోడ్ వైపునకు ప్రయాణముచేయునప్పుడు ధన విద్యుత్ కిరణాలు సరాసరి యీ రంధ్రముగుండా వెళ్ళి

ఆ వెనుక నూటి కిరణాలుగా రూపొందుతాయని ఆయన ఆశ. ఈ కారణంగా కాథోడ్‌కి ఎడమవైపున నాళికను ఆయన పొడిగించాడు. చిట్టచివరిభాగంలో ఒక ఛాయాచిత్రఫలకమునుంచేందుకు ఏర్పాటుచేశాడు. ధనవిద్యుత్ కిరణము ఛాయాచిత్రఫలకమును తాకి, కిరణ కైవారమునకు సరిసమానమైన మచ్చను దానిమీద చేస్తుందని ఆయన అభిప్రాయం. ప్రయోగంద్వారా ఆ అభిప్రాయం యదార్థమని ఋజువైంది.



12 వ పటము

ధన విద్యుత్ కిరణముల ఉనికినిగురించిన ప్రదర్శనమున కన్నా, ఆ తర్వాత జరిపిన పరిశీలనలు ఎంతో ఆసక్తిజనకంగా వుంటాయి. కొన్ని ఎలక్ట్రానులు విడిపోగా వాయువునందు మిగిలిన వరమాణువులే యీ కిరణములుగనక నిజంగా అయితే అంటే అవి ఆయనములుగనక అయితే, దాదాపు శూన్య

ముగా నున్న నాళికలోని వాయుపరమాణువులయొక్క ద్రవ్యరాసి అయి ఉండాలి. ఇలాంటి ద్రవ్యరాసులను ఏవిధంగా కొలవాలో థాంసన్ పండితునికి తెలుసు. చాలాసంవత్సరముల క్రితం ఎలక్ట్రానుల ద్రవ్యరాసిని కొలిచినవాడు యీయనే. అదే సిద్ధాంతాన్ని ఆయన యిక్కడగూడా ఉపయోగించాడు. నాళికకు దగ్గరగాఉంచిన అయస్కాంతము, ధనవిద్యుత్ ప్రేరితములయిన కణములను ఋజుమార్గమునుంచి పక్కకు మళ్ళించాలి. అయస్కాంత స్థానమునుబట్టి ఛాయచిత్రఫలకముయొక్క నాభిస్థానమును తాకుటకు బదులు కిరణము క్రిందగాని పైనగాని తాకాలి. అంతేగాకుండా విద్యుదావేశము గలిగిన కణముల కిరణము, కణములలోని ద్రవ్యరాసినిబట్టి వంపుతిరగాలి. తేలిక కణములకన్న బరువు కణములు స్వల్పంగా వంపు తిరగాల్; ధనవిద్యుత్ కిరణములలో రకరకముల అయనములు గనక ఉన్నట్లయితే, ఈ అయనముల ద్రవ్యరాసిని బట్టి ఛాయచిత్రఫలకముమీద నాభిస్థానమునకు వేర్వేరు దూరములయందు మచ్చలుపడాలి.

థాంసన్ పండితుడు ఈ పరికరాల్లో మొట్టమొదట నియాన్ వాయువును ఉపయోగించాడు. నియాన్ వాయువుయొక్క ఎరుపు గంగు నియాన్ ప్రకటనా ఫలకాల్లో యీ రోజులందు సర్వసామాన్యమైపోయింది. 1910 లో యిది అపురూపమైన విషయము. థాంసన్ పండితుడు తన ప్రయోగమునందు పరిశుభ్రమైన నియాన్ వాయువును ఉపయోగించాడు. ఈ వాయువుయొక్క ధనవిద్యుత్ కిరణములు అయస్కాంతముచే వంపు తిరిగి, నాళిక చివరి భాగమునందుగల

ఛాయాచిత్రఫలకముమీద నల్లటిమచ్చగా అచ్చునడిచి.  
కేంద్రస్థానమునుంచి యీ నల్లటి మచ్చపడిన దూరము ద్రవ్య  
రాసి 20 కి సమానమైనది. నియాన్ యొక్క పరమాణు  
భారము 20 కి కొంచెం అధికంగా ఉంటుంది. కాబట్టి దీనివలన  
మనకు కావలసిన సమాచారము లభ్యమయినది.

నియాన్ కి తుల్యమైన నల్లటి మచ్చకు నోడుగా,  
కేంద్రమునకు చాలదూరమునందు తేలిక మచ్చగూడా ఒకటి  
ఏర్పడింది. ఈ దూరమునుబట్టి ఆపదార్థముయొక్క పరమాణు  
భారము 4 అయివుండునని భావించవచ్చును. ఈ తేలిక మచ్చ  
తప్పక హీలియం అయిఉంటుంది. మూలపదార్థావర్తన పట్టి  
కలో నియాన్ హీలియములో ఒకేవరుసలో ఉంటాయనీ,  
యివి ఓడవాయువులనీ మనకి తెలుసును. నియానును పోలిన  
మూలపదార్థములనుండి స్వల్పమైన మకిలిని సంపూర్ణముగా  
తీసివేయుటకు ఎందుకు సాధ్యపడదో మనకు సులభంగా బోధ  
పడుతుంది. యదార్థమునకు ఛాయాచిత్ర ఫలకముమీద  
మరొక మచ్చగూడా ఉన్నది: కేంద్రమునకు దీనికిగల దూర  
మునుబట్టి ఆ పదార్థముయొక్క పరమాణుభారము 40 అని  
మనం గుర్తించవచ్చును. ఆర్గాన్ యొక్క పరమాణుభారము  
39.9 మూలపదార్థావర్తనపట్టికయందు ఒకేవరుసనందుగల  
జడవాయువులలో ఆర్గాన్ గూడా ఒకటి.

ఇంతవరకూ అంతా బాగానే ఉన్నది. అయినప్పటికీ,  
మరింతశ్రద్ధగా పరిశీలించిచూస్తే నియాన్ కి దగ్గరలో నీడలాగా  
ఒకమచ్చ కనిపిస్తుంది. దూరమునుబట్టి యీ పదార్థపరమాణు  
భారము 22 అని తెలుస్తుంది. థాంసన్ పండితుడు తను ఉప

యోగించే నియాన్‌ను అనేక తడవలు పరిశుభ్రపరిచాడు. కాని ఏ నాళికలో 20 వద్ద నియాన్ కనిపించినా దాని ననుసరించి నీడలాగా 22 వద్ద ఒక మచ్చ పొడగడ్డానే ఉన్నది. దీనినిబట్టి రసాయనచర్యలద్వారా విభజించడానికి వీలుకాని 20, 22 పరమాణుభారములు కలిగిన రెండురకముల నియానులు ఉన్నవా అనే ప్రశ్న తల ఎత్తింది. రెండురకముల నియానులే గనుక ఉన్నట్లయితే, ఎంతపరిశుభ్రపరచిన నియాన్ వాయువు 20.18 పరమాణుభారము కలిగి ఉంటుందనీ, ఇది రెండు నియాను ఐసోటోపుల మిశ్రమమనీ, యామిశ్రమంలో నియాన్-22 అతి స్వల్పంగా ఉంటుందనీ మనం కారణం చెప్పవచ్చును.

J. J. థాంసన్ అధిపతిగా ఉన్న కేంబ్రిడ్జ్ విశ్వవిద్యాలయ కేవేన్‌డిష్ ప్రయోగశాలయందు 1913 ప్రాంతములో యీ పరిశీలనలు చేయబడినవి. ఇక్కడ పనిచేస్తూవున్న F. W. స్టన్ అనే యువకుడు ఈ పరిశీలనలు యదార్థములని ఋజువు చేయవచ్చునని తలచాడు. రసాయనచర్యలవల్ల యీ రెండు నియానులను వేరుచేయుట సాధ్యం అవకపోయినా, ఎలక్ట్రానులసంఖ్యాబలంబూద కాకుండా కేంద్రకముయొక్క ద్రవ్యరాసిబూద ఆధారపడిఉండే ఏదైనా భౌతికధర్మమునుహోయంతో వీటిని వేరుచేయుటకు సాధ్యంకావచ్చును - అని ఆయన వాదన. ఉదాహరణకు : నియాన్‌ను ద్రవీకరించి నెమ్మదిగా ఆవిరి అవునటులచేయాలి. నియాన్-20 పరమాణువులకన్నా నియాన్-22 పరమాణువులు నూటికి పదిరెట్లు అధికభారముకలవి. బరువైన ఐసోటోపుల పరమాణువులు, నియాన్ ద్రవమునుంచి విడిచించుకుని, గాలిలోనికి వచ్చే నియాన్ వాయువుగా మారుటకు

కొంత శ్రమపడతాయి. యీ విధంగా బరువైన నియానకన్న సులభంగా వేగంగా తేలికగా నియాన్ ఆవిరి అయిపోతుంది. ద్రవమంతా యిగిరిపోయినతర్వాత మిగిలిఉండే పదార్థములో బరువు నియాన్ మొదటకన్నా అధికంగా ఉండాలి.

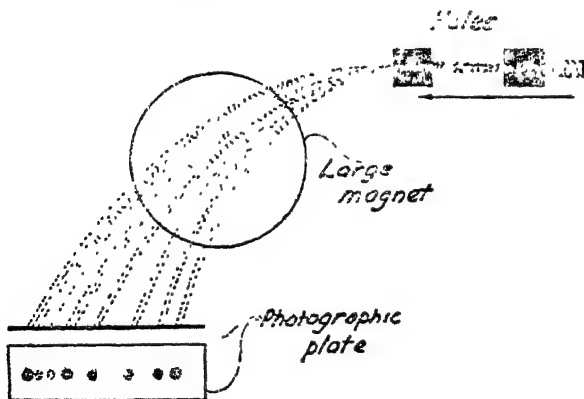
ఈ విధంగా ఏస్ట్ తన ప్రయోగాన్ని చేశాడు. కాని మార్పు యేమీ కనిపించకపోవడంవల్ల యీ ప్రయత్నం విఫలమైనది. పద్ధతిలో ఏవిధమైన మార్పులేకుండా ఆయన మరొక రకమైన ప్రయోగం చేసిచూశాడు : బాగా ఉడికించి చల్లార్చిన మట్టిముద్దగుండా ఒక పాత్రలోనుంచి మరొక పాత్రలోనికి నియాన్ విస్తరించునటులచేశాడు. మట్టిముద్దనిండా నూత్నమైన నూత్నమైన రంధ్రాలు ఉంటాయి ; యీ రంధ్రములలోనుంచి నియాన్ పరమాణువులు ప్రయాణించేయాలి. తేలిక నియాన్ వలె బరువు నియాన్ ఐసోటోపులు వేగముగా కదలలేవు. కాబట్టి మట్టిముద్దలోనుంచి వెళ్ళిన నియాన్ వాయువులో బరువు ఐసోటోపులు అతి స్వల్పంగా వుంటాయి ; పాత్రలో మిగిలిన వాయువునందు బరువు ఐసోటోపులు అధికంగా ఉంటాయి. రెండు పాత్రలలోనూ ఉన్న వాయువులందు తేడా అతి స్వల్పంగా గోచరించింది. ఈ అభిప్రాయము నిజమైతే కావచ్చును. అని మాత్రమే యీ ప్రయోగము సూచించగలిగినది కాని సమస్య పరిష్కారమాత్రం చేయలేకపోయినది.

ముందు ముందు యీ ప్రయోగములే విజయవంతములయినవి. అందువల్ల యీ రెండింటిని గురించి యిక్కడ ప్రస్తావించడం జరిగినది; అంతేగాకుండా పరమాణుభాంబు నిర్మాణమునకు అవసరములైన పదార్థములను తయారుచేయుట

లోగూడా యీవద్దతులే అక్కరకు వచ్చినవి. దురదృష్టవశాత్తూ ఏస్టన్ పండితుని ప్రయోగములు ఆనాడు విజయవంతములుకాలేదు.

ఇది, ప్రథమ ప్రపంచ సంగ్రామము ప్రారంభమైన 1914 నాటి సంగతి: ఇంగ్లాండ్ లోని యువకులుంతా యుద్ధసంబంధమైన కార్యకలాపాల్లో నిమగ్నులయిపోయారు. ప్రయోగశాలలందు సాధింపబడినది ఏమీలేదు. ప్రథమ

ప్రపంచ సంగ్రామము ముగిసిన తర్వాత 1919లో ఈశ్వేత్రమునందు ఏస్టన్ పండితుడు తిరిగి కృషి ప్రారంభించాడు; విభజన ప్రయోగముల జోలికిపోకుండా J. J. థాంసన్ పండితుని అడుగుజాడలను అనుసరించాడు.



13 వ పటము

థాంసన్ పండితుడు పొడిగించినదానికన్నా అధికంగా గ్లెస్టెయిర్ నాళిక ఋణవిద్యుత్ మార్గమును ఏస్టన్ విస్తృత



పరిచాడు. ధనవిద్యుత్ అయనములు వెళ్ళే కాథోడ్ ఏక రంధ్రమునకు తోడుగా, మరొక లోహాఫలకానికి రంధ్రము చేసి 13 వ చిత్రములో చూపిన రీతిగా అమర్చాడు. ధన విద్యుత్ అయనములు, ప్రథమ రంధ్రములోనుంచి వెళ్ళి రెండవ రంధ్రమును జేరుసరికి కొద్దిగా వంపు తిరిగి సన్నగా అవుతవి. ఎందువల్లనంటే ప్రథమ ద్వితీయ రంధ్రముల మధ్య సరాసరి ఋజుమార్గమున వెళ్ళే అయనములకు మాత్రమే రెండవ రంధ్రము అనుమతినిస్తుంది. ఈ విధంగా, యదార్థమైన అయనముల కిరణము ఏర్పడుతుంది. ఈ కిరణము నాళిక చివరనున్న ఛాయాచిత్రఫలకమును తాకినప్పుడు గానిమీద ఒక చిన్నమచ్చ వెలువడుతుంది. ఈ అయనముల కిరణము నకు దగ్గరలో బయటవైపున ఒక పెద్ద అయస్కాంతమును ఉంచినప్పుడు, కిరణము మామూలు మార్గమునుంచి వంపు తిగుతుంది. అయనము ద్రవ్యరాసినిబట్టి యీ వంపు (Curvature) ఉంటుంది. ఈ విధంగా ఛాయాచిత్రఫలకము మీద అనేక మచ్చలు ఏర్పడుతవి. కిరణముగా రూపొందిన అయనముల ద్రవ్యరాసిమీద యీ మచ్చలు ఏర్పడే స్థానములు ఆధారపడిఉంటవి. అయనముయొక్క ద్రవ్యరాసే కేంద్రకముయొక్క ద్రవ్యరాసి అవుటవల్ల ఈ పద్ధతిద్వారా ఐసోటోపులను వేరుపర్చవచ్చును.

ప్రథమప్రపంచ సంగ్రామమునకు పూర్వమే థాంసన్ పండితుడు, నియాన్ 20 నల్లని మచ్చకు తోడుగానున్న నియాన్ 22 తేలికమచ్చను కనుగొన్నాడు. ఇవి రెండూ నియాన్ ఐసోటోపులు అని ఆయన గుర్తించాడు. సున్నిత

మైన తన నూతనప్రయోగ పరికరముతో ఏస్టన్ పండితుడు, అన్ని మూలపదార్థములూ అవి ఎంత పరిశుభ్రపరచబడి నవ్వు టిక్ ద్వితీయ తేలికమచ్చను కలిగి ఉంటాయని గ్రహించాడు. ఆయా మచ్చలనుబట్టి అయనముల తారతమ్య భారములను సులభముగా నిర్ణయించవచ్చును. అతి స్వల్పకాలంలోనే ఏస్టన్ అనేక మూలపదార్థముల ఐసోటోపులను గుర్తించాడు. మచ్చ ఎంత నలుపయ్యేదీ దానిని ఢీకొను అయనముల సంఖ్య మీద ఆధారపడి ఉండటవల్ల, ఏ మూలపదార్థములో ఐసోటోపులు ఎంతఅధికంగా ఉన్నదీ ఆయన తెలుసుకోగలిగాడు. 18 వ చిత్రమునందు యిటువంటి ఛాయాచిత్ర ఫలకము ఎట్లా ఉంటుందో చూపబడింది.

తాను పరిశీలించిన అన్ని మూలపదార్థములలోనూ ఐసోటోపులు ఉన్నట్లుగా ఏస్టన్ కనుగొన్నాడు. ఆ తర్వాత యీపరిశీలన కార్యక్రమాన్ని అమెరికాలో K. T. బైన్ బ్రిడ్జ్ కొనసాగించాడు. మొత్తం అన్ని మూలపదార్థములను పేరు పరిశీలించారు. ప్రతి మూలపదార్థములోను ఒకటి మొదలు ఎనిమిది వరకూ ఐసోటోపులు ఉన్నాయి. తొంభైరెండు మూలపదార్థములూ కలిసి మొత్తం రెండువందలయ్యై ఐసోటోపులను కలిగిఉన్నాయి. ఒక విచిత్రమైన క్రమవిధానం యిక్కడ ఉన్నట్లుగా తెలియవచ్చింది. ఏ మూలపదార్థముల పరమాణుసంఖ్య సరిసంఖ్య అవుతుందో వాటికి ఎనిమిది ఐసోటోపులవరకూ ఉండవచ్చును; ఏమూలపదార్థముల పరమాణు సంఖ్య బేసి (Odd) సంఖ్య అవుతుందో వాటికి మూడుకన్న

అధికంగా ఐసోటోపులు ఉండవు. అవి ఆవిధంగా ఉండటం ఎందువల్లనో ప్రస్తుతం తెలియదు.

మూలపదార్థముల పరమాణుభారములు సంపూర్ణ సంఖ్యలుగా ఉండకపోవడానికి కారణం ఏమిటి? అనే మన ప్రశ్నకు యిప్పుడు సరియైన జవాబు లభిస్తుంది. మూలపదార్థములలో చాలవరకు ఐసోటోపుల మిశ్రమములు. పరమాణుభారములలోని భిన్నాంకములు, ఐసోటోపుల ఉనికియందు గల తారతమ్యనిష్పత్తిమీద ఆధారపడిఉంటవి. ఒక మూలపదార్థముయొక్క పరమాణుభారము దాదాపు పూర్ణసంఖ్య గనక అయి ఉంటే అది ఒకే ఒక ఐసోటోపుతో కూర్చినది అవుతుంది. పరమాణుభారము 19.00 కల్గిన ఫ్లోరిన్, 23.00 కల్గిన సోడియమ్ 4.00 భారముకల్గిన హీలియములనుచూస్తే యీ విషయం సత్యమని రూఢిఅవుతుంది.

### 3. ఒక ప్రత్యేక ఐసోటోపు : గురూదజని

అసంఖ్యాకములైన ఐసోటోపుల ఉనికి, మనకి ఒక కొత్తసమస్యను తీసుకునివచ్చి పెడుతుంది. ఎంతోకాలంక్రితమే ప్రాణవాయువునకు విలువ 18,000. అని ఉజ్జాయింపుగా నిర్ణయింపబడింది. ఐసోటోపులను గురించి ఎవరికీ తెలియక పూర్వమూ, ప్రాణవాయువునకు ఐసోటోపులు ఏమాత్రము లేకుండా సామాన్యమైన  $^{16}\text{O}$  గా ఉన్నప్పుడూ యిదిబాగానే ఉన్నది. కాని ప్రాణవాయునకు సహజంగా లభించే  $^{16}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$  అనే ఐసోటోపులు ఉన్నవి. ప్రతి అయిదువందల  $^{16}\text{O}$  పరమాణువులకు ఒక  $^{17}\text{O}$  లేక  $^{18}\text{O}$  పరమాణువుఉన్నది.

01<sup>6</sup> ఐసోటోపునకు మనము ఉజ్జాయింపుగా 16.000 విలువను యిస్తే, సహజంగా లభించే ప్రాణవాయువు ఐసోటోపుల మిశ్రమాలవల్ల పరమాణుభారం నిర్ణయం అవుతుంది ; 16.000 లో 3 భాగాలు అధికం కావాలి. అంటే దీని విలువ 16.003 అన్నమాట.

ఈ భారభేదము అత్యంత స్వల్పమగుటవలన దీనిని అంతగా మనం జ్ఞాపకం ఉంచుకోవలసిన అవుసరం లేదు. ఇదే యితర మూలపదార్థములలో గనక అయితే తేడాను తెచ్చి పెడుతుంది, వాటినిన్నిటిని అదే భిన్నము (Fraction) చేపెంచవలసిస్తుంది. కాబట్టి యీ సంధిగ్ధావస్థను తప్పించడానికి కాను ప్రాణవాయువుయొక్క పూర్వపువిలువ 16.000 అదే విధంగా ఉంది. దానిని ప్రామాణికం (Standard) చేశారు. కాని తేడా, అత్యంతస్వల్పమే అయినప్పటికీ ఉదజనినిగురించి ప్రజలు ఆలోచనలు సల్పడానికి పురికొల్పినది.

వాగ్వివాదముల తవినీళ్ళజోలికిపోకుండా, ఉదజని పరమాణువు అనేది ఒక ప్రోటాను ఒక ఎలక్ట్రాను గనక అయితే అప్పుడు సామాన్య ఉదజని పరమాణుభారము 16,000 లో 3 భాగాలు లేక 5,000 లో షుమారు ఒక భాగము అధికంగా ఉంటుందని మనం చెప్పవచ్చును. ఇరవై సంవత్సరములకు పూర్వమే ఉదజని పరమాణుభారమును గురించి అనేక పరిశీలనలు జరిగి దాని విలువ 1.00778 గా నిర్ణయింపబడిందనే సంగతి మీరు జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి. నూటికి 0.02 తేడా అనేది విస్మరించదగిన విషయముకాదు.

ఉదజనికి గనుక ఒక బరువైన ఐసోటోప్ గనకఉంటే యీ విషయమును సులభముగా విశదీకరించవచ్చును. దురదృష్టవశమున ఏప్రైన్ గాని బైన్ బ్రిడ్జిగాని ఉదజనిలో ఐసోటోపు ఛాయలనే పొడగట్టలేకపోయినారు. ఉదజనిని పరిశుభ్రపరచి, మార్పులుచేసిన క్లెస్లెయిర్ నాళిక (ప్రస్తుత మాన్ స్పెక్ట్రా మీటర్) యందు ఉంచగా మామూలు స్థలమునందు ఒకే మచ్చను చూపించినది.

ఉదజనియొక్క భారమైన ఐసోటోపు ఉండిఉండే అవకాశములు లేకపోలేదు, కాని అత్యంత స్వల్పమైన కేంద్రీకరణత కారణంగా ఛాయాచిత్ర ఫలకముమీద మార్పుకలిగించి ఉండదు. ఉదజనికి, బరువైన ఐసోటోపు గనకఉంటే, సామాన్య ఉదజని 5,000 భాగములలో ఒక భాగంగాఉండి, పరమాణుభారములోని తారతమ్యమునకు సంజాయిషీయిస్తుంది. కాని, సునిశితమైన నూతన సాంకేతిక పరికరాలతోనే వీటి ఉనికిని గుర్తించడానికి సాధ్యపడనప్పుడు పరిశీలనలు జరపటం ఎట్లా సాధ్యమౌతుంది?

ఒక అత్యద్భుతమైన కారణంవల్ల యీ విషయంలో పరిశీలనలు కొనసాగించడానికి అవకాశం లేకపోలేదు. సామాన్య ఉదజనిలో 1 ప్రోటాను 1 ఎలక్ట్రాను ఉన్నాయి. పరమాణు భారము 1. ఉన్నదని అనుమానించే ఐసోటోపు కేంద్రకములో 2 ప్రోటానులు ఉండితీరాలి. వీటిలో ఒకటి, ఎలక్ట్రానువల్ల అంతర్గతముగా తటస్థీకరణము చెందుతుంది, ఇకపోతే కేంద్రకముమీదఉండేది ఒక విద్యుత్ ప్రేరణము. కేంద్రకమునకు వెలువలనున్న 1 ఎలక్ట్రానుతో యిది బ్యాలన్స్

చేయబడుతుంది. ఈ పరమాణుభారము 2, అంటే సామాన్య ఉదజని భారమునకన్నా రెట్టింపు, భారములలోగల యదార్థమైన తేడా యిదే.

నియాన్ - 20, నియాన్ - 22 కిగల వ్యత్యాసము నూటికి 10 మాత్రమే. విస్తరణవల్లా ఆవిరిచేయటంవల్లా వీటిని విభజించడానికి ఏస్టెన్ పండితుడుచేసిన కృషి చాలవరకు విఫలమైనది. అంతేగాకుండా, క్లోరిన్ ఐసోటోపులను వేరుచేయడానికి జరిగిన కృషిలోగూడా స్వల్పమాత్రమే విజయం లభించింది. ఎందువల్లనంటే  $O^{16}$ ,  $O^{17}$  - యారెండు ఐసోటోపుల భారము తారతమ్యము బహుఅల్పము కావటమే యందుకు కారణము. అయినప్పటికీ, ఉదజని విషయంలో - సామాన్య ఉదజని భారమునకన్నా రెట్టింపు భారము కలిగిన ఐసోటోపు ఉండటానికి అవకాశంఉన్నది. నియాన్ ఐసోటోపులను వేరుచేయడానికి ఏస్టెన్ ఉపయోగించిన వ్యాపనము, ఆవిరిగా మార్పుట మొదలైన ప్రయోగములందలి ఉద్దేశ్యములు సరియైనవే గనక అయితే, ఉదజని విషయములోగూడా అవి యదార్థములు కావాలి.

ఆ విధంగా హెరాల్డ్ O. యూరే పండితుడు తలంచాడు; ప్రయత్నించి చూడాలని అనుకున్నాడు. ఉదజని ద్రవము గనక నెమ్మదిగా ఆవిరి అయ్యేటట్లుచేస్తే, సామాన్యమైన తేలిక ఐసోటోపు రెండు రెట్లు బరువైన ఐసోటోపునకన్నా సులభంగా గాలిలోనికి పోవాలని ఆయన ఉద్దేశ్యము. అందువల్ల, ఉదజని ఆవిరి యగునప్పుడు, మిగులు ద్రవములో అధికంగా బరువైన ఐసోటోపులు మిగలాలి, చివరకు వీటి

కేంద్రీకరణశక్తి ఛాయాచిత్రఫలకముమీద ఋజువు కాగలిగినంత అధికంకావాలి.

యూరే పరిశీలనలు, F. G. బ్రిక్ వెడ్జ్ పండితునికి ఆసక్తి కలిగించాయి. ఆయన ఒక గ్యాలన్ ద్రవ ఉదజనిని తయారు చేయడం ప్రారంభించాడు. ఆ తర్వాత ఈ ద్రవమును, ఒక్క గ్రాము (బౌన్సులో 1/28) మిగిలేవరకు ఆవిరిచేసి దానిని యూరే పండితునకు పంపించాడు. కొలంబియా విశ్వవిద్యాలయములో యూరే, G. M. మస్క్స్ యీ గాఢద్రవమునుంచి కొంత తీసుకుని మాన్ స్పెక్ట్రా మీటరునందు ఉంచి, ఉత్పత్తి అయిన ధన విద్యుత్ కిరణములు ఛాయాచిత్రఫలకంమీద పడునట్లు చేశారు. ఫలకంమీద ఉదజని మామూలు మచ్చ కప్పించినది. దీనికితోడు యింతకుపూర్వము ఎప్పుడూ కనపడని మరొక మచ్చ కూడా ఫలకంమీద ఏర్పడింది. దీనిస్థానము పరమాణుభారము 2 నకు తుల్యముగానున్నది. ఈ మచ్చ ఉదజనియొక్క బరువైన ఐసోటోపు  ${}^1_1\text{H}^2$  కంటే మరొకటి అయి ఉండటానికి వీలులేదు.

ఈ అద్భుత పరిశోధనకుగాను 1934 లో యూరే పండితునికి నోబెల్ బహుమానము లభించినది, కొన్ని కారణాలవల్ల యీ బరువైన ఉదజని ఐసోటోపు, ఆ కాలంలో అతి విలక్షణమైనదిగా ఎంచబడి, డ్యూటెరియం అనే పేరును సంపాదించినది. దీనియొక్క ప్రత్యేక సంకేతము D. సామాన్య ఉదజని కేంద్రకమును “ప్రోటాన్” అని పిలిచినట్లే, డ్యూటెరియా కేంద్రకాన్ని “డ్యూటెరాన్” అని పిలుస్తారు.

నీరు, రెండు ఉదజని పరమాణువులతోను ఒక ప్రాణ వాయుపరమాణువుతోను నిర్మింపబడినది. రెండూ ఐసోటోపులే అయినకారణంచేత అన్ని రసాయన విక్రియలలోనూ, డ్యూటేరాన్, ఉదజనిస్థానమును ఆక్రమించగలదు. అందువల్ల, ఉదజనిస్థానే రెండు ఉదజనులు :  $D_2O$  సంయోగపదార్థము ఉండి ఉంటుందని మనం అభిప్రాయపడవచ్చును. అలాటి నీటి అణువునే బరువైన నీరు (Heavy water) అని అంటారు. సామాన్యముగా లభించే నీటిలో అతిస్వల్పంగా 'బరువైన నీరు' గూడా ఉండితీరాలి. బరువైన నీటి అణువులను సామాన్య వలము అణువులనుండి వేరుచేయటం; అధవా వాటిగాఢతను వృద్ధిపరచటం - అనేది ఒక సమస్యగా తయారయింది. అట్టి సత్తువ (enriched) గల నీరును, డ్యూటేరియం కనుగొనుటకు ఉపకరించిన సిద్ధాంతముల నుపయోగించి సామాన్యజలమును ఆవిరిచేయుటద్వారా లభ్యమైనది.

సత్తువగల మిశ్రమంలోని బరువైన జలముయొక్క గాఢత (Concentration) ను బరువు ప్రకారము కొలవవచ్చును. సామాన్య జలముయొక్క అణువుతూకము 18; దానియొక్క ప్రాణవాయుపరమాణువు 16, రెండు ఉదజనిపరమాణువులూ ఒక్కొక్కటిచొప్పునా సర్దుబాటుచేస్తున్నవి. భారమైన నీటి అణువుతూకము 20, ఎందువల్లనంటే 2 డ్యూటేరియం అణువులు 2 చొప్పున సర్దుబాటుచేస్తాయి. తేడా, 20 లోనూ 2 భాగములు లేక 10 లో 1. ప్రయోగశాలలందు 10,000 లో 1 వంతుభాగాన్ని సులభంగా సునిశితంగా తూచవచ్చును.



కాబట్టి, 1000 వంతుల సామాన్యజలములో గల 1 వంతు బరువు జలాన్ని కనుగొనటం అంత కష్టమేసవని కాదు.

బరువుజలాన్ని సులభంగా సునిశితంగా (Precision) కనుగొన్న పద్ధతి పరమాణు నిర్మాణవిషయములందే గాక అనేక యితర క్షేత్రములందుగూడా ఉపయోగపడగల అద్భుత సాధనంగా అమరినది. ఉదాహరణకు శరీరతత్వశాస్త్రమును తీసుకుందాము. రసాయనకముగా సామాన్యజలమునకు, భారజలమునకు తేడా తెలుసుకొనుటకు సాధ్యపడదు. మానవ శరీరంగూడా యీ తేడాలతో ప్రమేయమేమీ లేకుండా వీటిని ఉపయోగిస్తుంది. ఈ రోజున నువ్వు కొంత సామాన్యజలమును త్రాగుతే అది శరీరంలో ఎక్కడ ఎంతసేపు నిలిచిఉంటుందో చెప్పలేము. నువ్వుగనక కొంత భారజలమును త్రాగుతే దానియొక్క బరువునుబట్టి అది ఏసమయమునకు మూత్రమును జేరుతుందో చెప్పవచ్చును; మూత్రమునుంచి తయారయిన జలము సామాన్యజలమునకన్నా చిక్కగా ఉంటుంది.

అనేక రకములైన సంయోగ పదార్థములలో సామాన్య ఉదజనిసానే గురుదజనిని ఉపయోగించవచ్చును. పైన చెప్పిన పద్ధతినే యీ పదార్థములు శరీరమునందు ఏ మార్గమును బట్టేదీ సులభంగా చెప్పవచ్చును. ఒక్క గురుదజని విషయమేగాకుండా, బరువైన ప్రాణవాయువు  $O^{18}$ , యింకా యితర ఐసోటోపుల విషయంగూడా పరిశోధకులు పరిశీలించారు. ఈ పరిశోధన ఫలితంగా శరీరతత్వశాస్త్రమునందు ఒక నూతన అధ్యాయ రచనకు ఉపక్రమణ జరిగింది.

పరమాణునిర్మాణ విషయ పరిశోధనకు డ్యూటెలియం ఒక సాధనగా ఉపకరించినది, అపైన, భారజలము - పరమాణు శక్తి విడుదలకు ఉపకరించినది. ఐసోటోపులను గురించిన అభిప్రాయములను ఋజువు చేయడానికి పరమాణుభారముల అర్థమును దృఢతరం చేయడానికి - డ్యూటీరాన్, గురుజలములు ఎంతగానో తోడ్పడినవి.

#### 4. ఐసోటోపులకు మూలము: న్యూట్రానులు :

ఐసోటోపులను గురించి, వాటి నిర్మాణమును గురించి వెలువడిన వివరణములు ఒక సమస్యను బయటకు తెచ్చినవి. కేంద్రకమునందు ప్రోటానులు సరఫరాచేయుచున్న ధనవిద్యుదావేశమునకంటె అధికముగానున్న ద్రవ్యరాసికి సంబంధించినది యీ సమస్య.

ఉదాహరణకు : పరమాణు సంఖ్య 3, పరమాణు భారము 7 కలిగిన హీలియమునకు కేంద్రకములో 3 ప్రోటానులు, వెలుపల 3 ఎలక్ట్రానులు ఉన్నాయి. కేంద్రకములో మిగిలిఉన్న 4 యూనిట్ల ద్రవ్యరాసికి మనం లెక్క తేల్చవలసి ఉన్నది. ఈ అధిక ద్రవ్యరాసి 4 ప్రోటానులవల్ల సంభవమైనదనీ, ఈ ప్రోటానుల విద్యుత్ ప్రేరణలు కేంద్రకమునందు ఎలక్ట్రానులచే అంతర్గతముగా తటస్థీకరణము చేయబడుతున్నదనీ చాలాకాలము తలంచారు. ఈ అభిప్రాయమును పురస్కరించుకునే 8, 11 చిత్రములు గీయబడినవి.

ఉదజనికి పైనఉన్న మూలపదార్థములన్నింటియందూ కేంద్రకములో యీ అధిక ద్రవ్యరాసిఉన్నది: పరమాణు

సంఖ్యకూ, మొత్తం విద్యుదావేశమునకూ కారణభూతములైన ప్రోటానుల ద్రవ్యరాసికన్న అధికంగా బహువైన పరమాణువులతో ద్రవ్యరాసి ఉంటుంది. ఈ విధంగానే, యురేనియమునందు ధన విద్యుదావేశములతో 92 ప్రోటానులు, 146 యూనిట్ల ద్రవ్యరాసి ఉన్నాయి. ఈ అధికంగా ఉన్నవిగూడా ప్రోటానులనే కేంద్రకమునందు అంతర్గతముగా తటస్థీకరణము చేయబడుత వనీ ఈహించబడినది.

అయితే - ఎలక్ట్రాన్ అనేది కేంద్రకములో ఎట్లా ఉండగలదు? ధన ఋణ విద్యుత్వేరణలు ఎందువల్ల ఒకదాని కొకటి నిర్మూలనము చేసి వేయలేదు? - అనెడు అనుమానాలు తలలెత్తినవి. అసలు యీ అభిప్రాయమే అశిలించిత్రముగా తోచినది. దీనివల్ల ఎవ్వరికీ తృప్తి కలుగలేదు. అయినప్పటికీ, విచిత్రమైన విషయములను గురించి జానం సంపాదించటానికి ఒకే ఒక మార్గం ఉన్నది. ప్రశ్నలు వేయడం, ప్రయోగాలు చేపట్టడం, వాటిని గురించి ఆలోచించటం - యిదే ఆ మార్గం. ఎందరో తత్వవేత్తలు తమ దృష్టిని కేంద్రకము వైపునకు మరల్చారు, రేడియమునుంచి లభ్యమయ్యే ఆల్ఫాకణములతోనూ, యింకా ప్రోటానులతోనూ ఢీ కొట్టించి, దాని నిర్మాణమును గురించి అన్వేషించుటకు కృషి ప్రారంభించారు.

1930 లో W. బోథ్, H. బేకర్ అనే తత్వవేత్తలు, మూలపదార్థావర్తనపట్టికయందు 4 గడిలో నున్న బెరెలియం లోహముమీదకు ఆల్ఫాకణముల ప్రవాహమును పంపించారు. బెరెలియములోనుంచి యితర పదార్థములో తీవ్రముగా

చొచ్చుకొని పోగల కిరణములు బయల్పెడలినని. రేడియము నుంచి వెలువడే గామాకిరణములను పోలిన కిరణములుగా వీటిని భోథే, బేకర్ పండితులు తలంచారు. వీరి అభిప్రాయం తప్పు అని తర్వాత తేలినది.

ఫ్రెడరిక్ జోలియడ్, క్యూరీదంపతుల కుమార్తె యితని భార్య అయిన ఇరేన్ క్యూరీ కలిసి 1932 నందు బెరిలియ ముతో యిదేవిధమైన ప్రయోగములుచేశారు. మామూలుగా గామాకిరణములను పీల్చుకొనగలిగిన సీసఫలకముగుండా, బెరిలియం విడుదలచేసిన తేజఃప్రసారము (Radiation) చొచ్చుకొని పోగల్గినట్లు కనుగొన్నారు. దీనికితోడు ఒక పేరభిన్ ఫలకాన్నిగాని, లేదా ఉదజని కలిగియున్న ఏసంయోగవదార్థమునైనా బెరిలియమునకు చుట్టుప్రక్కలనుంచినపుడు పేరభినిలో ప్రవేశించిన కిరణములు, వివర్తితశక్తి వంతములైన ప్రోటానులువాడుచేయనట్లుచేస్తున్నదని గ్రహించారు. ఈ విశేషమును అర్థముచేసుకొనుట చాలాకష్టము, అయినా దీని అంతరార్థమేదో కనుక్కోవలెననే ఉబలాటంతో కొందరు నడుములు బిగించారు.

ఒక సంవత్సరములోపునే జేమ్స్ చాడ్విక్, బెరిలియముతో యీ ప్రయోగములనే మరలచేశాడు. ఇదివరలో బోథే, బేకర్, జోలియట్ క్యూరీలు కనుగొన్న శక్తి వంతములైన కిరణములనే యీయనా కనుగొన్నాడు. అయితే ఈ కిరణములు అయస్కాంతమువలన వంపుతిరగవని గ్రహించాడు. అనగా గామాకిరణములు లేక X-కిరణముల వలెనే యివి

గూడా తాటస్థ్యములన్నమాట. కాంతిగతివేగము (Velocity)న కన్నా దీని కిరణప్రయాణవేగము పదిరెట్లు తక్కువ. అంటే గామాకిరణవేగమునకన్నా తక్కువ అన్నమాట. గామాకిరణాలు కాంతికి ఒక రకమైన ప్రతిరూపమే గనుక, కాంతివేగంతోనే అవీ ప్రయాణిస్తవి.

దీనికి మించిన మరొక విషయం చాడ్విక్ కనిపెట్టాడు. బెరిలియమునుంచి వెలువడే యీకిరణములను సత్రజనివైపునకు త్రిప్పినపుడు చెదురు మదురుగాబొక్కక్క సత్రజని పరిమాణువునకు అమితగమన వేగాన్ని కల్పిస్తుంది ; అతి సూక్ష్మకణములైన ఎలక్ట్రానులనే గెంతునట్లు చేయుటవల్ల యిటువంటివని గామాకిరణములకు సాధ్యంకాదు. సత్రజనిపరమాణువుతో కలిగిన యీ అగాడు(Impact)-కిరణములు కణములచే తయారయి వుంటాయనీ, అవి కణములేగనక అయితే, అయస్కాంత ప్రభావంవల్ల వంపుతిరుగుటచే అవి తాటస్థ్యకణములు అయి వుండాలనీ తెలియజేస్తుంది.

కొలదికాలంలోనే చాడ్విక్ పండితుడూ పోటానుకు వలెనే తాటస్థ్యకణముయొక్క ద్రవ్యరాసి 1 అని చూపగలిగాడు. ఈ కణమునకు ఆయన 'న్యూట్రాను' అని నామకరణము చేశాడు, దీనిని కనుగొన్నందుకు ఆయనకు 1935 లో నోబెల్ బహుమతి లభించినది.

న్యూట్రాను కనుగొనటంతో పదార్థ విజ్ఞానశాస్త్ర రంగమునందు అత్యంత చైతన్యం కలిగింది. పరమాణుబాంబు బాటయందు మరొక అడుగు ముందుకుపడినది. కేంద్రకములో

అత్యధికముగా ఉన్న ద్రవ్యరాసిని గురించి వున్న సందేహమును యిది తీర్చగలిగినది. కేంద్రకములోని అధిక ద్రవ్యరాసి న్యూట్రానులతో కూడుకుని ఉంటుంది. కేంద్రకమునందు ప్రోటానులకు తోడుగా మిగతాభారము నిచ్చునవి యీ న్యూట్రానులే. హీలియము కేంద్రకమునందు యిప్పుడు 2 ప్రోటానులు 2 న్యూట్రానులూ వున్నవి; కాలపనిక అంతర్ కేంద్రక ఎలక్ట్రానులతో పనిలేదు. లిథియము కేంద్రకమునందు 3 ప్రోటానులూ 4 న్యూట్రానులూ గలవు. ఇదే విధంగా యితర మూలపదార్థములందుకూడా వున్నవి.

మనం యిప్పుడు కాస్త స్వస్థచిత్తులం కావచ్చును. కేంద్రకముమీదగల ప్రేరణకు దానియందుగల ప్రోటానులే కారణం. దాని ద్రవ్యరాసి; పరమాణుభారము, దానియొక్క ప్రోటానులు న్యూట్రానుల మొత్తం ద్రవ్యరాశితో నిర్ణయింపబడుతుంది. ఒక్క వుదాహరణ మిసహాయించి మిగతా మూల పదార్థములన్నింటికీ పరమాణుభారము వాటి పరమాణు సంఖ్యకు దాదాపు రెండురెట్లు వుండుటవల్ల, కేంద్రకమునందు ఎన్ని ప్రోటానులయితే వున్ననో అదేమం అన్ని న్యూట్రానులు వుంటాయి.

కొన్ని మూలపదార్థముల కేంద్రకములు 14వ చిత్రము నందు చూపబడినవి. ముఖ్యంగా 13 ప్రోటానులు 14 న్యూట్రానులు కలిగివున్న అల్యూమినియమును చూడండి. తర్వాత బెరిలియమునందు 56 ప్రోటానులు 81 న్యూట్రానులు వున్నవి. అన్నింటికన్నా ముఖ్యంగా యురేనియమును

చూడండి. 92 ప్రోటానులూ 146 న్యూట్రానులూ ఉన్నవి.



14 వ పటము

ఈ అన్ని మూలపదార్థములూ వాటి ఐసోటోపులు ముందు ముందు మనకి ఆసక్తి కలిగిస్తాయి.

పరమాణు నిర్మాణ స్వరూపమునుగురించి మనకు సంపూర్ణముగా తెలిసినది. రేడియము, రేడియో ధార్మికత, దీనియందు వివరీతమైన శక్తి పున్నట్లుగా మనకు తెలియచేసినవి. ఈ పరమాణువు తన శక్తినంతా విడుదలచేయుటకు ఎట్లా చేదంపబడవలసి వుంటుందో యికముందు మనం చదువవలసి వున్నది.





## V

### పరమాణువులు శక్తిని విడుదలచేస్తాయి

#### 1. పదార్థము - శక్తి

ఎలక్ట్రాను, ప్రోటాను, న్యూట్రాను అనేవి ప్రాథమిక కణములతో పదార్థమంతా నిర్మితమై యుండుననే విషయం మనం తెలుసుకున్నాము. కేంద్రకమునకు లోపలా వెలుపలా యీ కణములు ఏవిధంగా అమర్చబడివుంటాయో గూడా గుర్తించాము. మూలపదార్థావర్తన పట్టికలో మూలపదార్థముల స్థానము యీ అమరికపైనే ఆధారపడిఉన్నది. ఈ చిత్ర పత్రము సంపూర్ణమైనదిగాను, సంతృప్తికరమైనది గానూ కనిపిస్తుంది.

నిజమే. కాని యింకా కొన్ని పాత ప్రశ్నలకు జవాబు లభించనేలేదు. దీనికితోడు మరికొన్ని కొత్త ప్రశ్నలుగూడా తలలెత్తినవి. రేడియము పదార్థమునే తీసుకోండి. దాని యొక్క పరమాణు సంఖ్య 88. పరమాణుభారము 226. మనము 83 ప్రోటానులను 138 న్యూట్రానులను ఒక బిగువైన గుత్తిగా (Tight Bunch) గా తీసుకుని దానిచుట్టూ 88 ఎలక్ట్రానులను సరియైన పలయములలో అమర్చటం ద్వారా

రేడియం పరమాణువును నిర్మించవచ్చును. మూలపదార్థ వర్తన పట్టికయొక్కయు, యింకా అనేక రసాయన భౌతిక ధర్మాలయొక్క అవసరములకు అనుగుణ్యంగా యీ నిర్మాణం రూపొందబడింది. కాని యీ నిర్మాణం అత్యంత అస్థిరత్వం కలిగిఉండటానికి కారణం? - ఈ పదార్థముయొక్క ఒక చిన్న రేణువు అయినాసరే తనంతటతానుగా శక్తివంతములైన ఆల్ఫాకణములు, బేటాకణములు . గామాకిరణములు, ఉష్ణమును ఏకభాటిగా ప్రవహింపచేయడానికి కారణం? కణములు, కిరణములు ఎక్కడనుంచి వస్తున్నవి? శక్తి ఎక్కడనుంచి వస్తున్నది?

ఇంతకన్న సులభమైన న్యూట్రాన్ సమస్యను తీసుకుందాము. ప్రోటాను న్యూట్రాను - యీ రెంటికీ ద్రవ్యరాసి 1. వీటికి ఏమన్నా భాంధవ్యం ఉన్నదా? ఎలక్ట్రానును అంతర్గతముగా పట్టుకొని శాశ్వతముగా తటస్థీకరణము చెందిన ప్రోటానే యీ న్యూట్రాను అయిఉండునా? ఈ విషయాన్ని మరోమార్గాన పరిశీలిద్దాం. బహుశః ప్రాథమిక కణము న్యూట్రాను అయిఉండాలి. ఒక యూనిట్ ధనవిద్యుత్ ప్రేరణను పట్టుకున్న ప్రోటానే న్యూట్రాన్ అయిఉంటుంది.

ఒక యూనిట్ ధనవిద్యుచ్ఛక్తి అనే కొత్త సిద్ధాంతాన్ని తీసుకొనివచ్చిపెట్టినందువల్ల యీ ఆఖరి ప్రశ్నను గురించి కొంత వివరించి చెప్పవలసిఉన్నది. 1932 కి పూర్వము ధనవిద్యుత్ యొక్క యూనిట్ ప్రేరణ, కణముయొక్క ద్రవ్యరాసి: ప్రోటాన్ తో కలిపి వ్యవహరింపబడేది. అయినప్పటికీ, యీ అధిక ద్రవ్యరాసినుంచి వేరుగా ఒక ధనవిద్యుత్ ప్రేరణ

ఉనికికి కొన్ని అవకాశములు లేకపోలేదు; మరియు ఎలక్ట్రాన్ వలె ఒక యూనిట్ ధనవిద్యుత్ అదేరకమైన ద్రవ్యరాసిని కలిగిఉండవచ్చును. కాని ప్రేరణమాత్రం దీనికి విరుద్ధంగా వుంటుంది. P. A. M. డిలేత్ అనే తత్వవేత్త అటువంటి ధనవిద్యుత్ ప్రేరణ కలిగిన కణము ఉండితీరుతుందని జోస్యం చెప్పాడు. దీనిని 1932 లో C. D. వండర్ సన్ కనుగొన్నాడు. దీనిని 'పోజిట్రాన్' అంటారు. ఎలక్ట్రాన్ కివలెనే దీని ద్రవ్య రాసిగూడా బహుస్వల్పం: ధనవిద్యుత్ ప్రేరణ కలిగినది. ఇది సర్వసాధారణమైనది కాదు. ఉండేది చాలా స్వల్పమైనకాలం- ఎందువల్లనంటే ఉత్పత్తి అయిన వెనువెంటనే తటస్థీకరణము చెందుతుంది. ప్రోటాన్ న్యూట్రాన్ అయి అంతర్గతముగా ప్రోజిట్రాన్ ను తనంతటతాను బంధించిఉంటుందా? ఇది ఎవరికీ తెలియదు; ఈ ప్రశ్న అస్వభావికమైనది. కాని మరికొన్ని సందేహాలకు మార్గం కల్పిస్తున్నది.

కేంద్రకమునందు అంతర్గతముగా కలిగెడు ధన విద్యుత్ ప్రేరణల సంగతి ఏమిటి? ఒకదానికి మరొకటి అతి సామీప్యంగా వచ్చి స్థిరంగా ఎట్లా ఉండగలుగుతున్నవి? ఒకే విధమైన ప్రేరణలు ఒక దానినొకటి త్రోసివేస్తాయనీ, వేరు విధములైన ప్రేరణలు ఒకదానినొకటి ఆకర్షించుకుంటాయనీ మనకి తెలుసు. విద్యుదావేశముగల్గిన అంబరు కడ్డి సంవర్కముతో ఒకేవిధమైన ఆవేశము కల్గిన కాగితంముక్కలు ఏవిధమైన చర్చకు పాల్పడతాయో ప్రయోగంచేసి చూపడం ద్వారా యీ సిద్ధాంత సత్యం బోధపడుతుంది. అయస్కాంతముల విషయంలోగూడా యిట్లాగే జరుగుతోంది : ఒకే

విద్యుదావేశము కల్గినధృవములు (Poles) త్రోసి వేయబడుతేవిః  
వేర్వేరు ఆవేశములు గల ధృవములు ఆకర్షించుకొంటవి.  
అయినప్పటికీ - ఉదాహరణకు : హీలియము కేంద్రకములో  
2 ప్రోటానులు, 2 ధనవిద్యుత్ ప్రేరణలు - ఒక యూనిట్ గా  
రెండూ కలసిఉన్నాయి. ఒక ఉదజని మినహా మిగతా అన్ని  
మూలపదార్థముల కేంద్రకముల విషయంలో యిదే సమస్య  
తల ఎత్తుతుంది.

కర్బనం తీసుకుందాము : దాని కేంద్రకము నందు  
6 ధనవిద్యుత్ ప్రేరణలు ఉన్నాయి. అల్యూమినియమునకు 13  
ధన విద్యుత్ ప్రేరణలు, యురేనియమునకు 92 ధనవిద్యుత్  
ప్రేరణలు ఉన్నాయి. కేంద్రకములాంటి సూక్ష్మాతి సూక్ష్మ  
మైన ఆవరణలో ఒకేరకమైన యిన్ని విద్యుత్ ప్రేరణలు ఒకే  
కట్టగా ఎట్లా బంధింపబడియున్నాయి.

బహుశః న్యూట్రానులకు యీ విషయంలో కొంత  
సంబంధం ఉండి ఉండవచ్చును. హీలియమును చూడండి.  
మొదటికేంద్రకమునందు ఒకటి కన్న అధికంగా ధన విద్యుత్  
ప్రేరణలు ఉండటమేగాకుండా 2 ప్రోటానులు గూడా ఉన్నవి.  
కేంద్రకనిర్మాణమును గురించి తెలుసుకోవలసిన విచిత్రమైన  
విషయం ఏమంటే - కేంద్రకమునందు న్యూట్రానులు ప్రోటా  
నులసంఖ్యతో సరిసమానంగా ఉంటే ఉంటాయి; లేదా సర్వ  
సాధారణంగా అత్యధికంగా ఉంటాయి. ప్రోటానులు ఒక  
దానినుంచి ఒకటి విడిపోకుండా సంధానపరచి ఉండడానికి  
యీ న్యూట్రానులు ఉపకరిస్తవా? అయితే యీ విధంగా  
బంధించి ఉండటానికి అవసరమైన శక్తులు ఎక్కడనుండి వస్తూ

న్నది; ఈ ప్రశ్నలలో కొన్నింటికి సమాధానం చెప్పటానికి పూర్వము కొత్తరకంగా కనిపించే ఒక నూతన సమస్యను మనము తరచి చూడవలసి ఉన్నది.

పరమాణువులు - ప్రోటానులు, న్యూట్రానులు, ఎలక్ట్రానులతో ఏర్పడటంవల్ల : ప్రతిపరిశుద్ధ ఐసోటోపు పరమాణుభారము ఉదజని సంపూర్ణ సంఖ్యాగుణిజము (Whole number Multiple) అయి ఉండాలని ఆశించవచ్చును. రెండవ దశాంశమువరకూ గల హీలియము, కర్బనము, వ్రతజని మొదలైన కొద్ది తేలిక మూలపదార్థముల విషయంలో యిదినిజమే. కాని క్రమశః ఐసోటోపుల ద్రవ్యరాసిని సునిశితమైన పద్ధతిలో నిర్ణయిస్తూరావటంవల్ల, మిగతా మూలపదార్థములేగాకుండా మూడు నాలుగు దశాంశస్థానములవరకూ గల తేలిక మూలపదార్థవిషయంలో గూడా యిది సత్యంకాదని తెలిసిపోయింది. ఉదాహరణకు హీలియం  $2\text{He}^4 - 4.0028$ , కర్బనము  $6\text{C}^{12} - 12.0036$  అనీ తేలినది.

ఇదంతా, ప్రాణవాయువు 16.0000 అనే ప్రాతిపదిక విలువమీద ఆధారపడినది. కాబట్టి ప్రాణవాయువునకు స్వల్పమైన మాధుర్యంతో మరొకవిలువనుగనకయిస్తే అంతా సక్రమం కావచ్చును. దురదృష్టవశాత్తూ ఆవిధంగా చేసేందుకు పీలు లేదు. ఎందువల్లనంటే కొన్ని ఐసోటోపులు అవి ఉండవలసిన బరువుకన్నా తక్కువ తూగుతాయి. ఎన్నివిధాల లెక్కించి చూచినా సంపూర్ణ సంఖ్యలుగా బయటపడవు. ఈ పరిస్థితుల పరిశీలనవల్ల ఒక మహత్తరవిషయము బయటకు వస్తోంది.

తేలిక మూలపదార్థమయిన హీలియమును తీసుకొని మన పరిశీలనలు కొనసాగిద్దాము. ప్రాణవాయువును 16 0000 గా తీసుకుని తూచూతప్పకుండా సరియైన కొలతలు కొలపగా ప్రోటానుయొక్క ద్రవ్యరాసి 1.00758 అనీ న్యూట్రాన్యొక్క ద్రవ్యరాసి 1.00893 అనీ నిరవచింపబడినది.  ${}^4_2\text{He}$  అంటే హీలియములో 2 ప్రోటానులు 2 న్యూట్రానులు ఉన్నవి.

$$2 \text{ ప్రోటానులు} = 2.01516$$

$$2 \text{ న్యూట్రానులు} = 2.01786$$

---


$$\text{మొత్తము} = 4.03302$$

$${}^4_2\text{He} = 4.00280$$

---


$$\text{తేడా} = 0.03022$$

ఈ పైలెక్కనుబట్టి  ${}^4_2\text{He}$  హీలియం అంతా దాని భాగాల మొత్తమునకన్నా తక్కువగా నున్నట్లు విశదమవుతోంది. ఈ తేడాను త్రోసిపారవేయడానికి వీలులేదు. అత్యంత సునిశితమైన లెక్కలనుంచి యీ తారతమ్యం ఏర్పడింది. వివిధభాగాలతో హీలియము నిర్మితము కాగా యింకా మిగులుఉన్న 0.03022 యూనిట్ ద్రవ్యరాసికి లెక్కచెప్పవలసి ఉన్నది.

ద్రవ్యరాసి అందకుండాపోయింది అనడానికి వీలులేదు ఏదీ పోకూడదు. ప్రతి రసాయన భౌతిక కార్యకలాపమూ ద్రవ్యరాసినీ శక్తినీ సమానముచెయ్యాలి. అయితే జరిగిన విషయం ఏమిటి? ఈ విషయమును గురించి 1905 లోనే సాపేక్షతా సిద్ధాంతము (Theory of Relativity) సందర్భమునందు ఐన్‌స్టీన్ యోచించాడు. శక్తి, ద్రవ్యరాసి అనేవి, ఒకే

ప్రాథమిక ఖగోళపదార్థము (Basic Cosmic Stuff) నకు సంబంధించినరెండు విలక్షణమైన లక్షణాలనీ, వీటి రెండింటినీ ఒకదాని నుంచిమరొకదానికి మార్చవచ్చుననీ అప్పట్లో ఆయన సూచించాడు. ఈరెండు లక్షణాలకూగల బాంధవ్యాన్ని తెలియజేసే ఒక సులభమైన సమీకరణాన్ని ఆయన వ్రాశాడు. ఆ సమీకరణంద్వారా శక్తి (Energy) అనేది, ద్రవ్యరాసి M (Mass) కి సమానము.

శక్తిని ఎర్గులు, కెలోరీలు. కిలోవాట్ గంటలు మొదలైన యూనిట్లలో కొలుస్తారు; ద్రవ్యరాసిని గ్రాములు పౌనులు మొదలుగాగల వేరేవిధములైన యూనిట్లలో కొలుస్తారు. ద్రవ్యరాసిని శక్తిని సమానం చేయవలెనంటే ద్రవ్యరాసి యూనిట్ను శక్తియొక్క యూనిట్లోకి మార్చవలసిఉంటుంది. ఒకే యూనిట్ ద్రవ్యరాసిని మరోవిధంగా మార్చవలెనన్నాయిదేవిధంగా చేయవలసిఉంటుంది. కిలోగ్రాములను పౌనులలోకి మార్చవలసామే స్థిరసంఖ్య 2.2 చే మనం గుణిస్తాము. కాబట్టి 1 కిలోగ్రాము 2.2 పౌనులకు సమానము. అంగుళాలను సెంటిమీటర్లలోనికి మార్చటానికి స్థిరవిలువ గలిగిన 2.5 చే గుణిస్తాము. ఈవిధంగా 1 అంగుళం 2.5 సెంటిమీటర్లకు సమానమావుంది. “గ్రాములలో కొలవబడిన ద్రవ్యరాసిని ఎర్గులలో కొలువబడిన శక్తిలోకి మార్చుటకు కావలసిన స్థిరపరిమాణము (Translating Constant), కాంతియొక్క గతివేగ (Velocity) వర్గమునకు (Square) నకు సమానము” అని ఎన్.స్టీన్ - చూపించాడు. కాంతియొక్క గతి వేగాన్ని పెకన్లుకి ఎన్ని సెంటిమీటర్లలో కొలుస్తారు. కాంతిగతి వేగానికి

గుర్తు C. దీనివిలువ సెకన్డుకి 30,000,000,000 సెంటిమీటర్లు, అనగా సెకన్డుకి 186,000 మైళ్ళు అన్నమాట. పరివర్తన స్థిర పరిమాణం (Transilation Constant)  $C^2$ , దీనినిబట్టి ఐన్ స్టీన్ సమీకరణము  $E = MC^2$  అవుతుంది. చరిత్రలో సమీకరణము అత్యంత ప్రాధాన్యమయినది.

1905 లో యీ సమీకరణమును ఏవిధంగా ప్రయోగాత్మకము చేయుటమా అని ఆలోచించారు. అప్పుడే కనుగొనబడిన రేడియో ధార్మికతలో విడుదల అయ్యే బ్రహ్మాండమైన శక్తులకు యీ సమీకరణమును ఉపయోగించవచ్చునని ఆయన సూచించాడు. J. D. కాక్ క్రాఫ్ట్, E. T. S. వాల్టన్ వంటివారు, రేడియేషనుంచి విడుదల అయ్యే ఆల్ఫాకణములతో ఐన్ స్టీన్ సమీకరణమును పరీక్షించారు. నలభై సంవత్సరముల అనంతరం తనయొక్క సమీకరణ ఫలితము, భారీ ఎత్తున హిరోషిమా, నాగాసకి, చికాగో ప్రాంతాలలో ప్రదర్శించబడుతుందని ఆయన తలంచి ఉండడు.

సమీకరణము ప్రకారము 0.030 యూనిట్ ద్రవ్యరాశియిచ్చే శక్తిని గనక లెక్కవేసిచూస్తే వచ్చే ఫలితం ఆశ్చర్యకరంగా ఉంటుంది. 2 ప్రోటానులు 2 న్యూట్రానులలో హీలియము ఏర్పడినప్పుడు ఒకగూడిన 0.030 యూనిట్ ద్రవ్యరాశి నష్టము - 400 భాగాలలో 3 భాగాలు - అనగా నూటికి 1 వంతులో ముప్పాతికభాగం మాయమైనట్లు తెలుపుతుంది. ఒక గ్రాములో (జేన్సులో  $1/28$ ) యీ నష్టము 0.0075 గ్రాము. దీనిని  $C^2$  తో గుణిస్తే 650 మిలియన్ బిలియన్ ఎర్గులశక్తి వస్తుంది. దీనిని సామాన్యప్రమాణంలోకి



మారుసే 200,000 కిలోవాట్ గంటలు అవుతుంది. ఈ శక్తితో 100 వాట్ల 200,000 విద్యుద్దీపాలను 10 గంటలపాటు వెలిగించవచ్చును.  $1/2$  గ్రాము ప్రోటాను  $\frac{1}{2}$  గ్రాము న్యూట్రాను కలిసి 1 గ్రాము హీలియముగా ఏర్పడేటప్పుడు సంభవించిన స్వల్ప ద్రవ్యనష్టమే యింతశక్తి ఉత్పత్తికి కారణ భూతమైనది.

## 2. ద్రవ్యరాసి శక్తిగా మారుతుంది:

ప్రోటానులతోను న్యూట్రానులతో హీలియం ఏర్పడు నప్పుడు, నూటికి ఒక వంతులో ముప్పాతికభాగం పదార్థము- శక్తిగా మారి విడుదల అయినప్పుడు ఏం జరుగుతుంది? కొండ శిఖరాగ్రముమీదనుంచి ఒకరాయి దొల్లుకుంటూవచ్చి క్రింద లోయలో స్థిరపడితే ఏం జరుగుతుందో యిక్కడా అదే జరుగు తుంది. ప్రథమస్థితికన్న అఖరుస్థితి ఎక్కువ స్థిరంగా ఉంటుంది. కొండ శిఖరంమీద ఉన్నరాయి అస్థిరమైన స్థితిలో నున్నది, దానిని గనుక కదిలిస్తే క్రిందికి దొర్లి పోతుంది. వాలుమీదుగా క్రిందకు దొర్లుకుపోతున్నప్పుడు, ఎత్తున ఉండగా కలిగి ఉన్న శక్తి నంతా విడుదలచేస్తుంది. లోయలోకి చేరగానే దాని శక్తి అతిస్వల్పమై స్థిరపడిపోతుంది. అది యిప్పుడు కొండనుండి దొర్లలేదు. దానిశక్తి అంతా తొలగిపోయినది.

ఈ ఉదాహరణనుబట్టి ఏమి తెలుస్తుంది-ఏదైనా ఒక వస్తువు స్థానమార్పుదల సమయంలో శక్తిని విడుదల చేస్తుంది. మొదటికన్నా తర్వాతనే అధికస్థిరత్వం ఏర్పడుతుంది. ఒక బంతి ఇంటికప్పుమీదనుంచి కిందపడేటప్పుడు శక్తిని విడిచి వేస్తుంది.

అది కప్పుమీదకన్న నేలమీదనే అధికస్థిరత్వం కలిగిఉంటుంది. సముద్రంలోని నీరు కొండశిఖరాలమీద వర్ష రూపంలో ధారా పాతంగాపడి అతివేగంగా క్రిందికివస్తూ శక్తిని విడుదలచేస్తోంది. దీనిని విద్యుచ్ఛక్తిగా ఉపయోగించుకోవచ్చును. సముద్రం లోని నీరు-కొండశిఖరంమీదకన్నా సముద్రంలోనే స్థిరత్వం కలిగిఉన్నది.

ఈ విధమైన చేతికమార్పులకు ఏది నిజమో రసాయన మార్పులకుకూడా అదేనిజము. రసాయన విక్రియకు తోడుగా శక్తివిడుదల అయినప్పుడు, చివరకు తయారుఅయ్యే సంయోగ పదార్థములు మొదటి సంయోగపదార్థములకన్నా స్థిరంగా ఉంటవి. ఉదాహరణకు : ఉదజని కర్బనముల మధ్యగల బంధమునకు కర్బనము-ప్రాణవాయువుల మధ్యగల బంధమునకన్న అధికంగా శక్తిఉన్నది. గాసోలీన్ కొయ్య, TNT లకు ఎన్నో కర్బనము - ఉదజని బంధములు ఉన్నాయి ; అందువల్ల అవి అస్థిరమైనవి. అవి నిప్పు అంటుకోనూ గలవు; ప్రేలనూ గలవు- ఆ విధంగా జరిగినప్పుడు తక్కువశక్తిగల కర్బన - ప్రాణవాయు బంధములుగా ఏర్పడుతవి ; శక్తియిచ్చివేయబడుతుంది. కర్బన ద్వితీయామ్లజనదములాంటి చివరకు తయారయ్యే సంయోగ పదార్థములు అతి స్థిరంగా ఉంటవి. స్వేచ్ఛాప్రాణవాయువుతో దహింపబడునప్పుడు, నీటియందు స్థిరమైన ప్రాణవాయు-ఉదజని బంధము, ఒదులైన ప్రాణవాయు-ప్రాణవాయుస్థానే రావటం, విడుదల అయ్యేశక్తికి దోహదం చేస్తుంది.

ప్రోటానులతోనూ నూట్రానులతోనూ హీలియము కేంద్రకము తయారగునప్పుడు విడుదలయ్యే శక్తిగూడా యిట్టి

పరిస్థితులకే లోనైయున్నది : ప్రోటాను న్యూట్రానులకన్నా హీలియం కేంద్రకము అత్యంతస్థిరమైనది. న్యూట్రానులు అతి త్వరగా యితర మూలపదార్థాలతో అతుక్కుని పోతుంది ; కాని ఆల్ఫాకణములవలె హీలియం కేంద్రకములుమాత్రము చుట్టూ తిరిగివస్తాయేకాని దేనితోనూ సంబంధం ఏర్పరచుకోవు.

ఒక పద్ధతియొక్క తారతమ్య స్థిరత్వము (Relative Stability) గురించి తెలుసుకొనవలసంటే దానిని మరొక రూపంలోనికి మార్చడానికి ఎంత శక్తికావలెనో గుర్తించటం ఒక మార్గం. కొండరాయి శిఖరయిమీదకన్నా లోయలో ఎంతో స్థిరంగాఉన్నది. దానిని కొండవాలుమీదగా యీడ్చు కుంటూ మొదటఉన్న స్థానానికి తీసుకొని వెళ్ళవలెనంటే ఎంతో శక్తి కావలసిఉంటుంది. హీలియం కేంద్రకాన్ని ప్రోటానులుగానూ న్యూట్రానులుగానూ విడగొట్టడానికి గూడా అత్యధిక శక్తికావాలి. చిన్న కేంద్రకానికి అంతటి శక్తిని సహించింది సరఫరాచేయటం సులభసాధ్యం కాదు. కాబట్టి ఆల్ఫాకణము లేక హీలియం పరమాణువు ఫలిత మయ్యాయి. హీలియం పరమాణువు అత్యంత స్థిరమైన కణము అనుకోవచ్చును. దీనికన్న స్థిరమైనవి లేవని చెప్పడానికి ఏలులేదు. యదార్థానికి అస్థిర మూలపదార్థాలలో ఒకటిగా దీనిని గురించి ముందు ముందు మనం తెలుసుకుందాము.

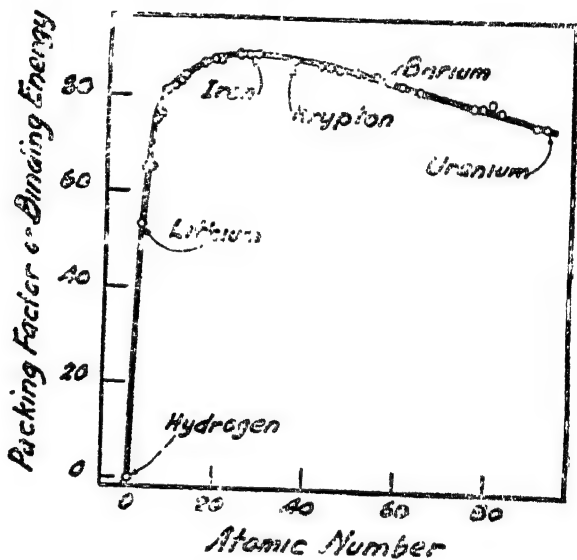
ప్రోటానులతోనూ న్యూట్రానులతోనూ కేంద్రక నిర్మాణము జరుగునప్పుడు సంభవించే ద్రవ్యనష్టమును, సంపుటి కరణ నష్టము (Packing Loss) అని అంటారు. ప్రోటానులు,

న్యూట్రానులూ స్వేచ్ఛగా ఉన్నప్పటికంటే కేంద్రకములో ఉన్నప్పుడు అతి బిగువుగా బంధింపబడి ఉంటాయని దీని భావము. సంపుటికరణ నష్టమును పరమాణు కేంద్రకము నందుగల యూనిట్ల సంఖ్యతో భాగించిన, ఆ మూలపదార్థముయొక్క ఒక యూనిట్ ద్రవ్యరాశికి ఎంత నష్టము కలిగినది తెలుస్తుంది; దీనిని సంపుటికరణ కారణాంకము (Packing Factor) అని మనం పిలువవచ్చును. సంపుటికరణ కారణాంకము ఎంత ఎక్కువ అయితే ఆ మూలపదార్థము నిర్మాణము నందు అంతకన్నా ఎక్కువగా శక్తి విడుదల అవుతుంది; అదే విధంగా స్థిరత్వంగా అధికమవుతుంది. ద్రవ్యనష్టము, శక్తి విడుదల కారణంగా ప్రోటానులూ న్యూట్రానులూ కేంద్రకమునందు ఒకదానితో నొకటి అతిబిగువుగా బంధింపబడినవా అని అనిపిస్తుంది. ఈ కారణంవల్ల విడుదల అయ్యే శక్తిని, కేంద్రకములోని ప్రోటాను - న్యూట్రానుల 'బంధనశక్తి', (Binding Energy) అని అంటారు.

ఏస్టన్ తన మాన్ స్పెక్ట్రా) మీటర్ లో అనేక ఐసోటోపుల తారతమ్య ద్రవ్యరాసులను కొలిచాడు; అన్ని మూలపదార్థముల సంపుటికరణ కారణాంకము ఒకటి కాదని గుర్తించాడు. మూలపదార్థముల ధర్మములలో ఏన్నో క్రమవిధానములు ఉన్నట్లుందివరకే మనకి తెలుసును. కాబట్టి తమ సంపుటికరణ కారణాంకమునందుగూడా మూలపదార్థములు ఒక క్రమవిధానంతో ఉంటాయని తెలుసుకునేందుకు మనం ఆశ్చర్యపడనవసరంలేదు. ఏస్టన్ కనుగొనిన యీ నూతన క్రమపద్ధతి (regularity) అతి నూత్నమైన విషయమే; కాని దాని

యొక్క అంతరార్థవరిణామము ప్రపంచములోని ప్రతివ్యక్తి గురించే సమయం దగ్గరకు వచ్చింది. పరమాణుశక్తి విడుదల కార్యకలాపమునకు జరుపబడే ప్రాథమిక చర్యలయందు యిమిడి ఉన్న మూలసూత్రము యిదే.

15 వ చిత్రములో చూపబడిన మూలపదార్థముల సంఘటికరణ కారణాంకములవైపు చూడండి. ఉదాహరణ కేంద్ర



15 వ పటము

కమునందు ఒకేఒక ప్రోటానుఉండటంవల్ల దాని సంఘటికరణ కారణాంకము '0' మిగత మూలపదార్థమువరంగా యీ విలువను తెలుసుకోవలసంజే, కేంద్రకమునందుగల ప్రోటాను-న్యూట్రానులు మొత్తము భారమునుండి ఆమూలపదార్థ పర

మాణభారమును తీసివేయాలి. ఇది సంప్రటికరణ నష్టమును  
 యిస్తుంది: దీనిని, కేంద్రకమునందుగల ప్రోటాను-న్యూట్రా  
 నుల సంఖ్యలో భాగిస్తే సంప్రటికరణ కారణాంకము వస్తుంది.  
 ఉదాహరణకు: క్రిప్టాన్ 78 కేంద్రకమునందు 36 ప్రోటానులు  
 42 న్యూట్రానులూ ఉన్నాయి.

$$36 \times 1.0076 = 36.2736$$

$$42 \times 1.0089 = 42.3738$$

---


$$\text{మొత్తం} = 78.6474$$

$$\text{Kr-78 పరమాణు భారం} = 77.9262$$

---


$$\text{సంప్రటికరణ నష్టం} = 0.7212$$

ఉదజని అవలోకనతో సంప్రటికరణ కారణాంకము = 0.0091  
 లేక 10 000 కి 91 భాగములు.

క్రిప్టాన్ - 78, కేంద్రక నిర్మాణమునందు పాల్గొనే  
 ప్రతి 78 ప్రోటాను న్యూట్రానులకూ, 10,000 లోను 91 భాగ  
 ములు నష్టం కలుగుతోందని స్పష్టమౌతుంది. ఈ కేంద్రకము  
 అత్యంతస్థిరమైనదైయుండాల్సి.

అనేక మూలపదార్థముల సంప్రటికరణకారణాంకమును  
 15వ చిత్రంచూపుతుంది. ఉదజనితో ప్రారంభమైన ఒక వంగిన  
 రేఖపైన యివి ఉన్నాయి. ఈ రేఖ ఇనుము నికిల్ లోహముల  
 వద్ద అత్యున్నతస్థాయిని చేరి నెమ్మదిగా యురేనియంవద్దకు  
 వంపు తిరుగుతుంది. మూలపదార్థావర్తన పట్టికలోని తేలిక  
 మూలపదార్థములూ బరువు మూలపదార్థములూ, మధ్య  
 నున్న మూలపదార్థములకన్న చిన్న సంప్రటికరణ కారణాం

కమును కలిగివున్నాయి. వక్రరేఖకు శిఖరాగ్రంమీదనున్న ఇనుమునకు పెద్ద సంప్రటికరణకారణాంకము వున్నది. అందు వల్ల యిది అత్యంత స్థిరమైన మూలపదార్థము. మిగత బరువైనవి తేలికయైనవి మూలపదార్థములు దీనియంత స్థిరమైనవి కావు.

15వ చిత్రములోని క్రమ విధానాన్ని చూడండి. కేంద్రకమునందలి ప్రోటాను - న్యూట్రానులను మరోవిధంగా సర్దుటం ద్వారా మూలపదార్థములను ఒకదానినుంచి మరొకదానిలోకి మార్చటం సాధ్యమౌతుందని కొంచెంసేపు ఊహించండి. ఆ తర్వాత మూలపదార్థావర్తన పట్టిక రెండు చివరలనుంచి బయలుదేరి మధ్యన మూలపదార్థములను నిర్మిస్తూ పోవటంద్వారా - తక్కువ స్థిరత్వముగల మూలపదార్థములనుంచి ఎక్కువ స్థిరత్వం మూలపదార్థములకు వెళ్ళుటవల్ల, మనం శక్తిని విడుదల చేయవచ్చును. ఉదాహరణగా జనితో గనుక ప్రారంభిస్తే చిన్న పరమాణువులను సమ్మేళనం చేసి పెద్ద పరమాణువులుగా తయారుచేయగలము. అట్లాగాకుండా, యురేనియముతో గనుక ప్రారంభిస్తే పెద్ద పరమాణువులను చిన్నవి చిన్నవిగా పగలగొడ్తాము. ఈ రెండు సందర్భాలలోనూ చివరకు వచ్చే ద్రవ్యరాశి మొదటనున్న ద్రవ్యరాశికన్నా తక్కువగా ఉంటుంది; వీటిలోనితేడా శక్తిగా విడుదల అవుతుంది. అతిస్వల్పమైన ద్రవ్యమూ ఎంతో శక్తిగా మారిపోతుంది; యీ రెండు పద్ధతులద్వారా వివరీతమైన శక్తి విడుదల అవుతుంది.

యదార్థంగా యీ రెండువిధానాలవల్ల శక్తి విడుదల అవుతుంది. ఇవి సృష్టిలో సహజసిద్ధమైనవి. మొదటివిధానం నూర్యనియొక్క, నక్షత్రములయొక్క శక్తిని సరఫరాచేస్తుంది; ఉదజని బాంబునుగురించి ప్రస్తావించే సందర్భంలో యీ విషయాన్ని గురించి విపులంగా 10 వ ప్రకరణంలో చెప్పబడింది.

ఇక రెండవపద్ధతి - భూమిమీద సంభవిస్తుంది : బరువైన మూలపదార్థముల పరమాణుపరివర్తనమువలన శక్తి విడుదల అవుతుంది. చాలాకాలంవరకూ తెలిసిన మార్గము రేడియో ధార్మికతయే. రేడియం తనంతటతానుగా శక్తిని విడుదల చేయుటకు హీలియమ్ రేడాన్లుగా విచ్ఛేదన పొందుతూంది. అనేవిషయం జ్ఞాపకం ఉంచుకోండి. రేడియముయొక్క పరమాణుభారము 226; హీలియమ్ భారము 4, రేడాన్ భారము 224 రేడియముయొక్క పెద్దదైన అస్థిరకేంద్రకము, చిన్నవైన హీలియమ్ రేడాన్ కేంద్రకాలను యిస్తుంది ; పెద్దవైన సంపుటికరణకారణాంకముల కారణముగా ద్రవ్యరాశి తరిగిపోతుంది ; కాబట్టి శక్తి విడుదల అవుతుంది. మనకథలో యిదివరకుచేసిన లెక్కలనుబట్టి యీ శక్తి ఎంతో అధికమైనదని మనకు తెలుసును.

ఇంకా అనేక మూలపదార్థములకు సహజసిద్ధమైన రేడియో ధార్మికత ఉన్నది. కాని రేడియమునకున్న ప్రభావం వాటికి లేదు. అయినా విధానము అన్నింటికీ ఒక్కటే. 15 వ చిత్రములో చూపినట్లుగా సంపుటికరణకారణాంకముల బాంధవ్యమునుబట్టి చిన్నచిన్న కేంద్రకాలు ఏర్పడుతవి ; శక్తి విడుదల అవుతుంది.



సహజసిద్ధమైన రేడియో ధార్మికత తనంతలానుగా విడుదల అవుతుంది. అల్పాకాణములు, బేటాకాణములు, గామా కిరణములు విడుదల చేసేందుకుగాను - రేడియము, యురేనియము, థోరియము ఆక్సినియము విచ్ఛిన్నమయ్యే వేగము స్వేచ్ఛాయుతమైనది. దానిని మానవ ప్రయత్నం ఏవిధంగానే మార్చలేదు. మన ప్రయత్నప్రభావం దానిమీద పడదు. అయినప్పటికీ 1939 మొదలు, బరువైన మూలపదార్థములనుండి తేలికయైన మూలపదార్థములకు మార్పుదల కలిగించే సంపుటికరణ కారణాంకమున నువయోగించి శక్తిని వాడనలుచేసే మరొక విధానము గురించి మనం తెలుసుకున్నాము; యురేనియము కేంద్రకము విచ్ఛిన్నముకాగా ఏర్పడే తేలిక నూత్రకేంద్రకముల వలన వివరీతమైన శక్తి విడుదల అవుతుంది. ఇదే పరమాణుబాంబు నిర్మాణపద్ధతి. ఇది మానవుని అదుపు ఆజ్ఞలకు, యిష్టా యిష్టములకు లోబడిన పద్ధతి.

### 3. పరమాణువులు పగిలి శక్తిని

విడుదల చేస్తాయి: కేంద్రక విచ్ఛేదనము.

ఇక్కడ ఒక్క విషయము నొక్క చెప్పవలసిఉంది. ఇంతవరకూ జరిగిన ప్రయోగ పరిశీలనా కార్యకలాపములలో పదార్థ తత్వవేత్తలు, పరమాణుబాంబు నిర్మాణమునకు సంబంధించిన శక్తి విడుదల సమస్యను గురించి యోచింపలేదు. పదార్థ నిర్మాణమును గురించిన జిజ్ఞాసయే వారికి ముఖ్యము.

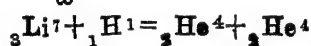
కేంద్రకము స్థితిగతులు - ప్రోటానులు ఎందువల్ల ధనవిద్యుత్ ప్రేరకములయినవో, ఒకదాని నొకటి ఎందువల్ల త్రోసివేసుకుంటువో, కేంద్రకములాంటి అతినూత్రుఆవరణలో ఎట్లా స్థిరబంధమును కలిగిఉంటువో తెలుసుకోవాలని అనుకున్నారు. న్యూట్రాను అంటే ఏమిటో, కేంద్రకమునందు అంతర్గతముగా అది ఎట్లా పనిచేస్తుందో గ్రహించాలని అనుకున్నారు.

ఆయా సందర్భాలలో పరమాణు శక్తి విడుదలను గురించి వారు ఊహించటంగూడా సమంజసమే. ఈ విషయములను గురించి చాలామంది ప్రతికలలో వ్యాసాలుగూడా వ్రాశారు. పరమాణు శక్తి అనేది సాధ్యం కావచ్చుననే విషయాన్ని గురించి అనేకులు అనేకవిధాల తలపోయటం ప్రారంభించారు. అయితే తత్వవేత్తలు జరిపిన ప్రయోగములన్నీ పదార్థము - శక్తికి సంబంధించిన ప్రాథమిక ప్రశ్నలకు జవాబులు పొందడానికే చేయబడినవి. మొత్తము పదార్థమునంతటినీ, ఆల్ఫాకణములు, ప్రోటానులు, డ్యూటేరానులు. (1932 తర్వాత) న్యూట్రానులచే ఢీ కొలిపి ఏంజరుగుతుందో చూడదల్చుకోటమే యీ విధానము.

ఈ కార్యకలాపమును సమీక్షచేస్తూ మూడు ఫలితాలు దీనివల్ల లభించినవని మనం గ్రహించవచ్చును. మొదటిది అతి సూక్ష్మమైనది: కావెండేష్ ప్రయోగశాలలో కాక్ క్రాఫ్ట్, వాల్టనులు జరిపిన కృషియే యిందుకు దృష్టాంతరము. ఊరలోహము లిథియముయొక్క తెరమీదకు తక్కువ గతి వేగముతో ప్రోటానులను పంపించినచో అక్కడ విపరీత గతి వేగముతో ప్రయాణించే ఆల్ఫాకణములు బయటకు వస్తవి-

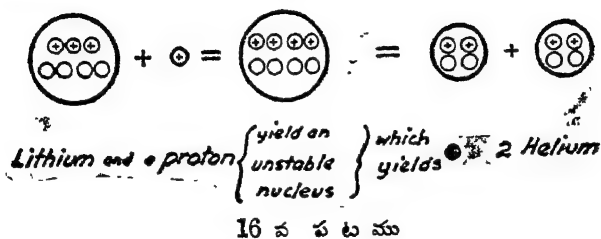
అని వారు కనుగొన్నారు. లిథియము కేంద్రకాన్ని ఢీకొనే ప్రతిఒక్క ప్రోటానుకీ-రెండు ఆల్ఫాకణములు బయటకు వస్తూ వని చూపించవచ్చును.

ఈ పరావర్తనక్రియ నూత్రమైనదీ, ఋజువర్తనమైనదీ. 16 వ చిత్రములో యీ విషయం చూపబడినది. ప్రోటాను అనగా ఉడజని కేంద్రకము,  ${}_1\text{H}^1$ . లిథియము అనగా  ${}_3\text{Li}^7$ ; దీని కేంద్రకమునందు 3 ప్రోటానులు 4 న్యూట్రానులు ఉన్నాయి. ఆల్ఫాకణమనగా హీలియము కేంద్రకము  ${}_2\text{He}^4$  దీనియందు 2 ప్రోటానులు 2 న్యూట్రానులూ ఉన్నవి. అంతరక్రియా (Interaction) విధానమును యీ విధముగా వ్రాయవచ్చును,



ఈ సమీకరణమును చదువునప్పుడు ఎడమవైపునున్న సంఖ్యలను కలపండి: 3 ప్రోటానులు + 1 ప్రోటాను = 4 ప్రోటానులు. ఆ తర్వాత కుడివైపునున్న సంఖ్యలను కలపండి: ద్రవ్యరాసి 7 + ద్రవ్యరాసి 1 = ద్రవ్యరాసి 8. మొట్టమొదట ఈ విధంగా జరుగుతుందని భావించవచ్చును: లిథియము కేంద్రకము ప్రోటానును తీసుకొని కొంతతడవు 4 ప్రోటానులనూ 4 న్యూట్రానులనూ కలిగి వుంటుంది; అనగా ద్రవ్యరాసి 8 ప్రేరణ 4 అవుతుందన్నమాట. ఈ కేంద్రకము అతి అస్థిరమైనదగుటవల్ల రెండుగా పగిలి 2 హీలియం కేంద్రకము లవుతుంది. యీ చిన్న కేంద్రకాలు ఒక్కొక్కదానియందు ద్రవ్యరాసి 4, ప్రేరణ 2 వుంటుంది. అస్థిర కేంద్రక పునర్వర్గీకరణములో, విపరీతమైన శక్తి విడుదల యగుతున్నట్లుగా హీలియ

నూత్రో కేంద్రకాలు అధిక వేగంతో విడిపోతాయి. విపరీతమైన శక్తి విడుదల యగుతున్నట్లు రెండువిధాల చూపించవచ్చును. మొదటి విధానం: లిథియము పరమాణువును ఢీకొనుటకు ముందు ప్రోటానుకుగల శక్తిని, రూపొందిన తర్వాత 2 ఆల్ఫా కణములకుగల శక్తిని నిర్ణయించాలి.



కణములు ప్రయోగించే వేగమునుబట్టి పదార్థ విజ్ఞాన శాస్త్ర సమీకరణ సహాయంతో ఏటిశక్తిని తెక్కకట్టవచ్చును. 2 ఆల్ఫాకణములు రూపొందుటతో రెండింటికీ మధ్యగల గతి వేగమునందలి తారతమ్యము, ఎంతో శక్తివిడుదల అయి నట్లు తెలుపుతుంది. ప్రతి ఒక్క సంఘర్షణకూ అనంతరం, ప్రతి లిథియము పరమాణువునకూ ఎర్గులో 27.2 మిలియన్ల సంయుక్త శక్తితో 2 ఆల్ఫాకణములు విడుదల అవుతవి.

విడుదల అయ్యే శక్తిని మరోవిధంగా చూపడం ఎట్లా గంటే - సంప్రటికరణ కారణాంకము మార్పువల్ల ఒనగూడే ద్రవ్యసప్తమును గుర్తించటం. లిథియము కేంద్రకముయొక్క బరువు 7.0165, ప్రోటానుయొక్క బరువు 1.0076; ఈ రెండింటి బరువూ మొత్తం 0 = 8.0241. ఆల్ఫాకణము బరువు 4.0028, రెండు ఆల్ఫాకణముల బరువు 8.0056. కాబట్టి

లిథియము ఉడజనులనుంచి గూహించే 2 హీలియము కేంద్రకముల ఫలితంగా 0.0185 యూనిట్ ద్రవ్యము నష్టం కలుగుతోంది. 2 హీలియము పరమాణువులకు కలిగివున్న శక్తికి యీ ద్రవ్యమే కారణము ; ఐస్ స్టీన్ సమీకరణమును ఉపయోగించి యీ శక్తి ఎంతవున్నదో మనం లెక్కకట్టవచ్చును. నష్టవైశ 0.0185 యూనిట్ ద్రవ్యము యదార్థంగా  $3.07 \times 10^{-26}$  గ్రామ్ తూగుతుంది. ఐస్ స్టీన్ సమీకరణము నందు దీనిని బదలాయిస్తే ఒక్కొక్క లిథియమ్ పరమాణువు నకు ఎర్గులో 276 మిలియన్ల వంతుకు సమానమౌతుంది.

ఈ రెండువిధానాలకీ ఎంత మంచి సామీప్యతకలదో చూడండి. ఇలాంటి ప్రయోగమునకు యీ రకమైన సామీప్యత అత్యుత్తమమైనది. దీనివల్ల ద్రవ్యరాసికి శక్తిగల సంపూర్ణ సమానత్వము ప్రస్ఫుటమౌతుంది.

ఈ లిథియం ప్రోటాను విక్రియను గురించి మరొక్క విషయం చెప్పవలసి వున్నది. 2 హీలియం నూక్లీకేంద్రకాలుగా లిథియం - ప్రోటాన్ ద్రవ్యరాసి విభజనమైనప్పుడు యిది సిద్ధిస్తుంది. జీవశాస్త్రంలో ఒక జీవాణువు (Cell) రెండు సమాన జీవాణువులుగా విభజింపబడే వద్దలిని “విచ్ఛేదము” (Fission) అని అంటారు. అదేవిధంగా కేంద్రకము - 2 సమాన పరమాణుము గల హీలియం నూక్లీకేంద్రకములుగా విభజింపబడినప్పుడు దానిని కేంద్రకవిచ్ఛేదనము (Nuclear fission) అని అంటారు. 1939 లో యురేనియం కేంద్రకము 2 సమాన భాగాలుగా విడిపోయింది. ఆ తర్వాతనే కేంద్రకవిచ్ఛేదనము అనే పదం వాడుకలోనికి వచ్చింది.

ప్రస్తుతం మనకు ఆసక్తి కలిగించే విషయము - ఒక ప్రోటాను ఒక లిథియం కేంద్రకమూ గుద్దుకున్నప్పుడు ఫలితం 2 హీలియం కేంద్రకాలూ, కావలసినంత శక్తి విడుదల - అన్నది. ఈ విధానమంతా మానవకృతమగుటవల్ల యీవిధానముద్వారా ఎప్పుడు కావాలనుకుంటే అప్పుడు పరమాణు శక్తిని విడుదల చేయుటకు సాధ్యం కావచ్చును అని తలంచవచ్చును. కాని యిది అంత ఉత్తమమైన పద్ధతికాదు.

కొద్దిగా ఆలోచించి చూస్తే కారణం ఏమైఉండేదీ బోధపడుతుంది. మిగతా పరమాణు పరిమాణంతో పోల్చి చూస్తే దాని కేంద్రకం ఎంత నూత్నంగా ఉంటుందో జ్ఞాపకం చేసుకోండి. వ్యాసములు 1 - 10,000 నిష్పత్తిలోఉంటాయి. వైశాల్యములు వాటి వ్యాసముల వర్గమునకు సంబంధసామ్యములో ఉంటాయి. కాబట్టి అర్ధవిభాగముల (Cross Sections) వైశాల్యములు -  $1\frac{1}{2}$  100,000,000. అంటే దాని అర్ధం - ఒక లిథియమ్ పరమాణువులో జొచ్చుకుని వెళ్ళే ప్రోటానుకు లిథియమ్ కేంద్రకాన్ని ఢీ కొనటానికి 100,000,000 లో ఒక అవకాశం మాత్రమే ఉన్నది. నిజానికి, ఉన్న అవకాశము అంతకన్నా తక్కువే. ఎందువలనంటే ప్రోటాను లిథియమ్ కేంద్రకమూ రెండూగూడా ధనవిద్యుదావేశము కలవి కావున ఒకదాని నొకటి వికర్షించుకొంటవి. పరమాణువులలో ప్రయాణంచేస్తూ ఉండగా ఎలక్ట్రానులను గుద్దుకోవటంవల్ల ప్రోటాన్ వేగం క్రమశః తగ్గుముఖం పడుతుంది; 1000,00 పరమాణువులను దాటేటప్పటికి దాని పని అయిపోతుంది. కాబట్టి లిథియమ్ కేంద్రకమును ఢీ కొనడానికి దానికి 100,000,000 లో

100,000 అవకాశములు లేక 1000 కి 1 అవకాశం మాత్రమే ఉన్నది. విడుదలఅయ్యే శక్తి ఎంతో అధికమైనప్పటికీ, ప్రోటానుల కదిలించడానికి అవసరమైన శక్తితో సమానం అవటం కష్టం - ఎందుకంటే లిథియమ్ కేంద్రకాన్ని ఢీ కొనేది మహా అయితే 1000 లో 1 మాత్రమే. నూత్నంగా చెప్పాలంటే యీ విధానం ఏ విధంగాను లాభదాయకం కాదు. పరమాణు శక్తి అక్కడ వున్నమాట వాస్తవమే. దానిని విడుదలచెయ్యవచ్చును, కాని సాంకేతిక సంబంధమైన కార్యకలాపములకు యిది వినియోగపడదు.

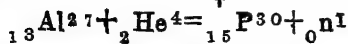
#### 4. రేడియో ధార్మిక పరమాణువులు

కృత్రిమంగా తయారు చేయబడతాయి

పరమాణు అంతర్గత క్రియాకలాపములను గురించి సంక్షిప్తముగా చెప్పనవ్వడు, మూడురకములైన ఫలితాలు ఒకనూడినట్లుగా చెప్పివున్నాను. మొదటి ఫలితం అతినూత్నమైనది: ఇప్పుడే వర్ణించి వున్న లిథియము విచ్ఛేదన వంటిది. రెండవది కొంత క్లిష్టతరమైనది. విప్లవాత్మకమైనది.

13 వ మూలపదార్థము అల్యూమినియమును పరిశీలించండి. దీని పరమాణుభారము 27, దీని కేంద్రకములో 13 ప్రోటానులూ 14 న్యూట్రానులూ వున్నవి. దీనికి సంబంధమును తెలిసిన ఐసోటోపులు ఏమీలేవు. ఆల్ఫాకణములు అల్యూమినియమును ఢీకొనినప్పుడు న్యూట్రానులు విడుదల అవుతవి, ఒక పదార్థంకూడా తయారవుతుంది. ఈ పదార్థ కేంద్రకమునకు 15 ధనవిద్యుత్పైరణలూ, 30 ద్రవ్యరాశి

పున్నాయి. ఇది కేంద్రకములో 15 ప్రోటానులూ 15 న్యూట్రానులూగల పదార్థమై వుండాలి.



ఇదే సమీకరణమునందు గుర్తించబడినది. న్యూట్రాన్  ${}_0\text{n}^1$  అని వ్రాసివుండటం గుర్తించండి-ఇట్లా వ్రాయుటకు కారణం ఏమంటే న్యూట్రాన్ ప్రేరణము '0' ద్రవ్యరాసి 1

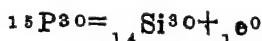
కేంద్రకమునందు 15 ప్రోటానులు కలిగిన పదార్థము. అవర్తనపట్టికయందు 15 వ మూలపదార్థము: భాస్వరము అవుతుంది. అయినప్పటికీ, నూతనంగా ఏర్పడిన యీ పదార్థ పరమాణుభారము 30, భాస్వరపరమాణుభారము 31, దీని వరంగా తెలిసిన ఐసోటోప్ లేదు. ఈ ప్రయోగములను ఫ్రెడ్ రిక్ జోలియట్, ఆయన భార్య ఐరేన్ క్యూరీ కొనసాగించారు. ఈ కొత్తగా కనుగొనబడిన పదార్థముతో అనేక పరీక్షలు చేసి జోలియట్ క్యూరీదంపతులు, యిది భాస్వరమేనని నిర్ధారణచేశారు. ఇది మామూలు భాస్వరమునకన్నా తేలికగా ఉంది. ఇంతకుపూర్వం ఇది ఎప్పుడూ సృష్టిలో లభ్యంకాలేదు. ఒక కృత్రిమ ఐసోటోప్ రూపొందినట్లుగా కనపడినది.

ఇదంతా ఎంతో వింతగా తోచవచ్చును; యింతకన్నా ఆశ్చర్యకరమైన విషయం ఏమంటే - రసాయనకొలతలు పరీక్షలు జరుగుతూ ఉండగా యీపదార్థం మాయమైపోతున్నట్లు కనపడటం. ఒక్క పావుగంటకాలంలో భాస్వరం అంతా మాయమైపోతుంది. అసలు అన్నిటికన్నా దిగ్భాంతుల్ని చేసేసంగతి - యిది మాయమయ్యేటప్పుడు రేడియోధార్మిక శక్తి కలిగి ఉండటం. ఇది మామూలుగా గామాకీరణములను



యిచ్చివేసింది. దీనికి తోడు అప్పటికి కొంతకాలంక్రితమే కనుగొన్న 'తప్పించుకు తిరిగే' పోజిట్రానునుకూడా విడచింది. 1932 లో ఆండర్సన్ కనుగొన్న ఋణవిద్యుత్ ఎలక్ట్రానుకు యిది ధనవిద్యుత్ రూపాంతరమైనదానినిగా మనం జ్ఞాపకం వుంచుకోవాలి. ఎలక్ట్రాన్ కు గల సూక్ష్మద్రవ్యరాశి దీనికి వున్నది; కాని ఋణవిద్యుదావేశమునకు బదులు ధనవిద్యుదావేశము కలిగిఉన్నది. సర్వసామాన్యంగా ఎలక్ట్రాన్ కు గుర్తు -  $1^{e0}$  అని వ్రాస్తారు; అంటే 1 ఋణవిద్యుదావేశము కల్గినదనీ, ద్రవ్యరాశి ఏమీ లేదనీ అర్థము. కాబట్టి పోజిట్రానుకు గుర్తు  $1^{e0}$ ; అంటే ధనవిద్యుదావేశము 1. ద్రవ్యరాశి ఏమీ లేదు అన్నమాట.

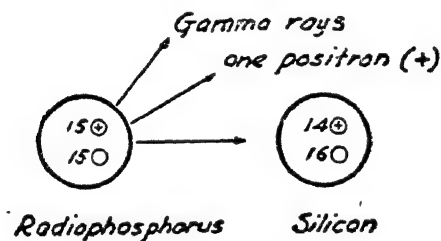
రేడియో ధార్మికత కలిగిన భాస్వరము మాయమై పోగా మిగిలినవదార్థము సిలికాన్. ఇది ప్రసిద్ధమైన మూల వదార్థము. ఇది ప్రాణవాయువుతో కలిసి యిసుకగా ఏర్పడే ముఖ్యభాగమై యున్నది. సిలికాన్ కి గుర్తు  $_{14}\text{Si}^{30}$  రేడియో ధార్మికతకల్గిన భాస్వరము నుంచి సిలికాన్ ఎట్లా ఏర్పడుతున్నదో ఈవిధంగా సమీకరణరూపంలో వ్రాయవచ్చును.



$1^{e0}$  అనేది యీ ప్రక్రియలో విడుదల అయిన పోజిట్రాన్.

ఈ పోజిట్రాన్ ఎక్కడనుంచి వస్తోంది! 17 వ చిత్రం చూడండి. రేడియో భాస్వరముయొక్క కేంద్రకమునకు 15 ప్రోటానులూ 15 న్యూట్రానులూ ఉన్నాయి. ఈ అస్థిరమైన ఏర్పాటునందు ప్రోటానులు అధికంగా ఉన్నట్లు స్పష్ట

మాతున్నది. దీని ఫలితంగా 1 పోజిట్రాన్ విడుదల అవుతున్నది. ప్రోటాన్ నుంచి వచ్చిన ధనవిద్యుత్ ప్రేరణగా దీనిని భావించవచ్చును. ప్రోటానుయొక్క ధనవిద్యుత్ ప్రేరణను వేరుచేస్తే తాటస్థి కణము : న్యూట్రాన్ మిగిలిపోతుంది. కాబట్టి, 15 ప్రోటానులూ 15 న్యూట్రానులూ కలిగిన కేంద్రకమునుంచి, 14 ప్రోటానులూ 16 న్యూట్రానులూ కలిగిన కేంద్రకమునకు యీ పరివర్తన జరుగుతున్నది. ఇది సర్వసామాన్యమైన సిలికాన్ ఐసోటోప్. ఏస్టన్ పండితుని కార్యకలాపములవల్ల ప్రచారంలోనికి వచ్చినది.



17 వ పటము

ఒక మూలపదార్థము మరొక మూలపదార్థముగా మార్పుదల చెందినది - అని కనుగొనుటలో విశేష మేమీ లేదు. 1933 సంవత్సరమునకల్లా యీ పరివర్తనను గురించి తాత్వికులందరూ గుర్తించారు. అయితే విప్లవాత్మకంగా కనుగొన్న ప్రత్యేక విషయం ఏమంటే - సృష్టిలో ఎక్కడా లభ్యంకాని రేడియో భాస్వరములాంటి మూలపదార్థము కృత్రిమంగా తయారుకావటం.

ఒక సంవత్సరములోపున, సులభంగా లభ్యమయ్యే మూలపదార్థములను చాలవరకు యిదే పద్ధతిన పరీక్షించి చూచారు. అవన్నీగూడా రేడియో ధార్మికత కలిగిన ఐసోటోపులను యిచ్చినవి. రేడియో ధార్మికత కలిగిన ఐసోటోపులు అనేకం కృత్రిమంగా తయారయినవి. సహజసిద్ధమైన రేడియో ధార్మికతకు కీలకమును కనుగొన్న క్యూరీ దంపతుల కుమార్తెయే యీ కృత్రిమరేడియో ధార్మికతను కనుగొనటం విధివిధానంలోని ఒక అద్భుతం అని చెప్పవచ్చును. 1935 లో జోలియట్ - క్యూరీలు యీ పరిశోధనకుగాను నోబెల్ బహుమతినిపొందారు.

రేడియో ధార్మికత కలిగిన ఐసోటోపుల రూపంలో అనేక మూలపదార్థములను ఉత్పత్తి చేయవచ్చుననే పరిశోధనా ఫలితం, మానవజీవితముపై పరమాణు శక్తి ప్రభావమున కన్నా అద్భుతమైన అనేక మహత్తర అవకాశములకు దారి జూపినది. గురుదజని ఐసోటోపు అయిన డ్యూటీరియము, బరువైన ప్రాణవాయు ఐసోటోపుల సహాయంతో జీవశాస్త్ర ప్రయోగములందు శరీరములో ఒక మూలపదార్థముయొక్క ప్రయాణ మార్గమును గుర్తించవచ్చును. దీనికిగల సద్గుణములలో యిది ఒకటిగా మనం జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి. ఇది ఉదజనియొక్క ఐసోటోపు అవటంవల్ల, డ్యూటీరియమును నీటియందు, క్రొవ్వనందు ఉదజనికి బదులు వాడవచ్చును. దీనియొక్క బరువైన ద్రవ్యము, రక్తములోను, కండలోనూ మూత్రములోనూ, తన ఉనికిని కానరాకుండా చేస్తుంది. వీటిని విభజించినప్పుడు, ఐసోటోపును కలిగియున్న పదార్థము

ఏ మార్గమున ప్రయాణిస్తుందో కనుగొనవచ్చును. దీనికోసం సాధారణంగా జుతువును చంపి ధాతువు (Tissue) ను తొలగించవలసిఉంటుంది. అంతేగాకుండా యీ విభజనా పద్ధతి (Analytical Process) అతి చిక్కాకై నది.

జీవశాస్త్ర పరిశోధనలకు రేడియోధార్మిక ఐసోటోపులు వాడకంద్వారా అనేక అద్భుతప్రయోజనాలు లభించినవి.

ప్రపంచ సంగ్రామమునకు పూర్వము, సామాన్య ఉదజని డ్యూటీరియములలాటి, తేలిక మూలపదార్థముల స్థిరమైన ఐసోటోపులను, భారీఎత్తు సాధనాపద్ధతులద్వారా తయారు చేశేవారు. యుద్ధం ముగిసిన తర్వాత ఓక్రిడ్జిలో యురేనియం-2235 ఐసోటోపును యురేనియం-238 ఐసోటోపునుంచి వేరుచేయుటకుగాను నిర్మించిన విద్యుదయస్కాంత విభజనా యంత్రాగారమును మూసివేశారు. దానిలోఉన్న కొన్ని భారీఅయస్కాంతములను సామాన్య మూలపదార్థముల ఐసోటోపులను వేరుచేయుటకు ఉపయోగిస్తూ ఉన్నారు. అమెరికా పరమాణుశక్తి విచారణ సంఘముద్వారా యీనాడు ప్రాణ వాయువు-18, నత్రజని-15 లాంటి అనేక స్థిరమైన ఐసోటోపులను ఖరీదుకి కొనుక్కోవచ్చును. ఇప్పటికీ అటువంటి ఐసోటోపులతో ప్రయోగములు జరపటం అత్యంత కష్టసాధ్యంగానే ఉన్నది. మచ్చుకునకలను విభజించి పరిశీలించడానికి మాన్ స్పెక్ట్రోస్కోప్ అవసరం. చౌకరకం మాన్ స్పెక్ట్రోస్కోపును కొనాలన్నా ఎంతో ధనం వెచ్చించవలసి ఉంటుంది. అనేక ప్రయోగశాలలు యింత ధనమును వెచ్చించలేవు. అన్నింటికన్నా, ముఖ్యంగా పరిశీలించబడిన పదార్థముయొక్క మచ్చు

తునకలు కావాలి; జీవాణువులు నశించకుండా వీటిని సంపాదించటం అనేది సాధారణంగా సంభవంకాదు. దీనికన్నా రేడియోధార్మికత కలిగిన మూలపదార్థములతో ప్రయోగ పరిశీలనలు జరపటం ఎంత సులభం! ప్రవధమంగా, రేడియోధార్మికత కలిగిన మూలపదార్థము తన తేజః ప్రసారమును వెల్లడిస్తుంది. అది ఎక్కడ ఉండేదిగాక, నిశ్చలంగా పోజిట్రానులనూ గామాకిరణాలనూ విడుదల చేస్తూనే ఉంటుంది. పదార్థతత్వవేత్తలు తమ ప్రయోగపరిశీలనల నిమిత్తం నిర్మించిన సునిశిత పరికరాలతో వీటి ఉనికిని గ్రహింప వచ్చును. జంతువును చంపనవసరంలేదు, జీవాణువులను నాశనం చేయనవసరంలేదు, సులభంగా వీటిని గుర్తించవచ్చును.

ఇక రెండవస్థానంలో, రేడియోధార్మికతకల్గిన ఐసోటోపుగా ఏ మూలపదార్థమునైననూ తయారుచేయవచ్చును. ఒక పదార్థమును తయారుచేయటం ఎంత సులభమో మరొక పదార్థం తయారుచేయడంగూడా అంతే సులభం. అంతే గాకుండా, గాఢతావృద్ధి (Concentration) కోసం రేడియోధార్మికతగల్గిన ఐసోటోపును వేరుచేయనవసరములేదు. మూలపదార్థముల న్యూట్రానులతోగాని, చెట్లలోకి జంతువులలోకి ఎక్కించే పదార్థమును ఉద్యోతనం (Irradiation) చేయుటద్వారాగాని దీనిని నేరుగా తయారుచేయవచ్చును.

రేడియోధార్మికతకల్గిన ఐసోటోపులను ఉపయోగించేటందుకు ఒక అవకాశం ఉన్నది. అది ఎంతో ఆసక్తిని కలిగించేదిగా ఉంటుంది. శరీరంలోని కొన్ని అంగములకు ఒకొక్క మూలపదార్థమునకు సంబంధించిన రసాయనిక ఆకర్షణ

ఉంటుంది. ఉదాహరణమునకు: మెడలోనున్న కంఠగ్రంథి (thyroid) ను తీసుకుందాము. ఇడిన్ అంటే దీనికి ఆకర్షణ ఉన్నది. ఎముకలకు భాస్వరము అంటే ప్రత్యేక ఆకర్షణ. సర్వసామాన్యంగా మనం తినే భోజనంలోనూ త్రాగే నీళ్ళలోనూ అయోడిన్ ని తీసుకుంటాము. దీనిలో చాలాభాగం కంఠగ్రంథికి వెళుతుంది: కంఠగ్రంథినించి పదార్థంలో ఒక భాగంగా యిది భద్రపరుచబడుతుంది. అయోడిన్ కి రేడియో ధార్మికత ఉంటే, కంఠగ్రంథిలో చాలాభాగం రేడియో ధార్మికత కేంద్రీకరింపబడుతుంది. రేడియో ధార్మికతకు అన్ని ధాతువులు (Tissues) తల ఒక్కేవే. ఎందువల్లనంటే దీనియొక్క గామా కిరణములు సజీవకణములను నాశనంచేసి వేయగలవు. కాబట్టి కంఠగ్రంథిలో కాన్సర్ జీవాణువులు గనక ఉంటే, మామూలు అణువులకన్న సులభంగా రేడియో ధార్మికత వాటిని హత మార్చి వేస్తుంది. కంఠగ్రంథియొక్క మామూలు జీవాణువులకు ఏవిధమైన గాయమూ తగలకుండా స్థానికంగా కాన్సర్ అణువులు నాశనమగునటుల దీనిగాఢతను అదుపులో ఉంచ నచ్చును. ఈవిధంగానే ఎముకలలోని కాన్సర్ ను నిర్మూలనము చేయుటకు రేడియో ధార్మికత కల్గిన భాస్వరము ఎముకలలో స్థిరపడుతుంది.

కంఠగ్రంథికి సంబంధించిన యితర రకములైన అనేక వ్యాధులను రేడియో ధార్మికత కలిగిన అయోడిన్ తో నివారణ చేయవచ్చుననే విషయం ఋజువైనది. రక్తకణములకు సంబంధించిన ల్యూక్ మియా అనే కాన్సర్ వ్యాధి మొదలైన రోగు రుగ్మతల నివారణకు రేడియో ధార్మికత కలిగిన యితర

మూలపదార్థములు ఎంతో సహాయపడుతున్నవి. అర్బుద ధాతువు (Tumor Tissue) లో కేంద్రీకృతమయ్యే రేడియో ధార్మిక భాస్వరము, ఆపరేషన్ చేయడానికి వీలుగా మెడ దులో యీ అర్బుదము ఎక్కడఉన్నదీ ఎంత మేరఉన్నదీ తెలుసుకొనడానికి అవకాశం కల్పిస్తూఉన్నది.

రేడియం మాదిరే రేడియో ధార్మిక కోబాల్టు ఐసోటోపునకు తేజఃప్రసారములున్నాయి. రేడియమునకన్నా సులభంగా తక్కువ ధరకు అధిక పరిమాణంలో కృత్రిమంగా దీనిని ఉత్పత్తిచేయవచ్చును. అన్టారియాలోని చాక్సది వద్దనున్న పరమాణుశక్తి కర్మాగారంలో ప్రవ్రధమంగా కేనేడియనులు కాబాల్ట్ ఉద్యోతన బాంబును ఉత్పత్తిచేశారు ఓక్రిడ్జ్ వారు గూడా యీవద్దతినే అనుసరించారు. రేడియం చికిత్సా విధానం విశేషంగా ప్రచారంలోకి, అందరికీ అందుబాటులోకే వస్తూన్నది.

రేడియో ధార్మికత కలిగిన మూలపదార్థములతో కాన్సర్ ను నివారించగల అద్భుత చికిత్సా విధానం యింకా కనుగొనబడలేదు. దానిని ఆశించవలసినది గూడా లేదు. కంత గ్రంధికి అయోడిన్ తోగల నేస్తం ఒక అతీత విషయం. సర్వ సాధారణంగా, కొన్ని కొన్ని అంగాలలోను ధాతువులలోనూ కేంద్రీకృతమయ్యే స్వభావంగల రసాయనముల పదార్థములు, అధికశక్తితో శరీరమంతటా చెల్లా చెదురుగా వ్యాపించి ఉంటాయి. స్థానికంగాఉన్న కాంతిని నాశనము చేయుటకు అవసరమైన ఒక్క డోసుతో, శరీరంలోని మిగతా భాగములకు ప్రమాదం సంభవించే అవకాశం ఉన్నది.

ఐనప్పటికీ మూలపదార్థములతో సాధించడానికి వీలు లేనిదానిని సంయోగపదార్థములచే సాధించవచ్చును. ఆరోగ్య వంతమైన ధాతువులను వదిలి రోగగ్రస్తములైన జీవాణువు (Cells) ల యందు మాత్రమే స్థావర మేర్పరచుకొనునట్టి సంయోగపదార్థము మనకింతవరకూ తెలియదు. ఈ రకమైన సంయోగపదార్థములకై నిరంతర అన్వేషణ జరుగుచున్నది. వీటి ఉనికినిగురించి అనేకవిధములతత్వవేత్తలు ఊహిస్తున్నారు. శాస్త్రజ్ఞులు పదార్థధర్మములను గురించి ఊహించినవిషయములే - ప్రయోగాత్మకములై అద్భుతఫలితాలకు దారితీసినవి. ప్రస్తుత పరమాణు అన్వేషణ కథనంలో యిలాంటి సందర్భాలను అనేకం మనం గుర్తించాము.

సామాన్య మూలపదార్థముల రేడియో ధార్మిక ఐసోటోపులు హఠాత్తుగా అందుబాటు అవటంతో వచ్చిన అనేకఫలితాలలో, రోగనిర్ణయము చికిత్సానిధానములు నూతనమార్గములు త్రొక్కటం అనేది ఒక ముఖ్యఫలితం. సామాన్యమైన శరీరతత్వవిధానమును పరిశీలించుటకు ఐసోటోపులు అత్యవసర పరికరములయ్యాయి. సజీవశరీరంలో వివిధ పదార్థములు ఏ ఏ మార్గముల ప్రయాణిస్తవో, అవి ఎట్టి రసాయనపరివర్తనల చెందుతాయో పరిశీలించడానికి ఐసోటోపులు మార్గదర్శకులు (tracers) అయినవి. రేడియో ధార్మికత స్వల్పంగా కలిగిన కర్బన ఐసోటోప్ - 14, జీవతత్వ వేత్తలపాలిట వరప్రసాదమయినది, ఇదేవిధమైన ప్రాణవాయు-శ్శ్రేణిని ఐసోటోపులుగూడా లభ్యమైతే ఎంత బాగుండునని వారు అనుకొంటారు. ఈ మూలపదార్థములకు స్థిరమైన



ఐసోటోపులు ఉన్నాయి. పదార్థము (Organic matter) నందు కర్బనము సత్రజని. ప్రాణవాయువులతోపాటు, ఉదజని నాలుగవ ముఖ్యభాగముగా నున్నది. దీనికిగల స్థిరమైన ఐసోటోపునకు తోడు డ్యూటేరియం ( $H - 2$ ), ఒక కృత్రిమ ఐసోటోపు ట్రిటియం ( $H - 3$ ) ఉన్నాయి. కాని  $C - 14$  వలె ప్రయోగశాలలో ఉపయోగించుటకు యిది సులభంగా యింకా లభ్యం కావటం లేదు.

వైద్యశాస్త్రము, జీవశాస్త్రములకు తోడు పదార్థవిజ్ఞాన శాస్త్రము రసాయనశాస్త్రము ఇంజనీరింగుశాస్త్రములుగూడా రేడియోధార్మిక మార్గదర్శకుల ఉపయోగం సాధ్యమాటవల్ల ఎంతోపురోగమించాయి. ప్రస్తుతం యీ విషయాలను గురించి విపులంగా ముచ్చటించుకునేందుకు మనకు అవకాశంలేదు. ఇలాంటిమార్గదర్శకులు ఏవిధంగా ఉపయోగపడతాయో చిన్న ఉదాహరణద్వారా చెబుతాను. ఒక పైపులైను ఒకరకమైన గాసోలిన్ గాని లేక నూనెనుగాని ఒక నిర్ణీత సమయంవరకు ప్రవహింపజేస్తోందనీ, ఆ తర్వాత మరోరకం, అటుపైని మరో రకం ప్రవహింపజేస్తోందనీ అనుకుందాము. ప్రతిసారీ ద్రవము యొక్క మూలద్రవ్యములను మార్చి, కొద్దిపరిమాణంలో రేడియో ధార్మిక ఐసోటోపు పదార్థమును దానిలోకి ఎక్కిస్తే అది గమ్యస్థానమునకు చేరటం 'రేడియేషన్ మీటర్' ద్వారా వెల్లడి అవుతుంది. దీనినిబట్టి నూనెను నిలువజేయు గదులు, ద్వారములు వాటంతట అవి తెరచుకోడానికి మూసుకోవడానికి అవకాశంకలుగుతోంది.

1947 జూలై మొదలు, అమెరికాలోని ఒక రిజర్వ్ వద్దనున్న పరమాణుశక్తి కర్మాగారము వైద్యులకు, శాస్త్రజ్ఞులకు, పరిశ్రమదారులకు రేడియోథార్మిక ఐసోటోపులను వెలకు అమ్మటం ప్రారంభించినది. అమ్మకం విపరీతంగా పెరిగిపోతుంది. దీనితోబాటు కెనడా, ఫ్రెంచి, బ్రిటిష్ పరమాణుశక్తి కర్మాగారంలోజేరాయి. రష్యాలోగూడా యీ ఐసోటోపులు అందుబాటులోనున్నట్లు వార్తలవల్ల తెలియవస్తోంది.

వర్తమాన విజ్ఞానయాత్రను యిక్కడితో ముగించి తిరిగి మన కథాక్రమంలోకి నడుద్దాం పదండి.

## 5. న్యూట్రాన్ శక్తివంత మౌతున్నది

కేంద్రక నిర్మాణమును అన్వేషించడానికి, న్యూట్రాన్ అతిశక్తివంతమైన కణముగా ఉపయోగింప బడుతుంది. వివిధములైన మూలపదార్థములమీద ప్రోటానులు, డ్యూటీరానులు, ఆల్ఫాకణములు ఏవిధంగా చర్యలుజరిపేదీ యిదివరలో వర్ణింపబడింది. ఇవన్నీగూడా ధనవిద్యుత్ ప్రేరణకల్గిన కణములే ప్రోటాను అనేది సామాన్య ఉదజనియొక్క కేంద్రకము, డ్యూటీరాన్ గురూదజని కేంద్రకము, ఆల్ఫాకణము హీలియము కేంద్రకము. ఈ కణములన్నీ ధనవిద్యుత్ ప్రేరితములైన కారణంచేత, ఆయా మూలపదార్థములవైపు పవించినప్పుడు వాటి కేంద్రకములచే వికర్షితములవుతాయి. ఇతర కేంద్రకాలతో డీకొని లోనికి జొరబడవలసంలే యివి ఎంతోవేగంతో ప్రయాణించవలసి ఉంటుంది. చాలా సువత్సరాలవరకూ వీటి వేగమును గురించి శాస్త్రజ్ఞులు అలమటించి పోయారు.

కాంతితో సమాన వేగం యీకణములకు కల్పించడానికి వీలుగా శక్తివంతములైన సాధనాలను కనుగొనడానికి ప్రయత్నాలు ప్రారంభమైనవి.

ప్రోటానులకు ఉన్నంత ద్రవ్యరాశి న్యూట్రానులకూ ఉన్నది; కాని ప్రేరణ అన్నది లేదు. కాబట్టి పరమాణువుల వైపు వెళ్ళునప్పుడు వాటి ధనవిద్యుత్ కేంద్రకములచే యివి వికరింపబడవు, వాటిని సులభంగా జేరుకొనగలవు. 1932లో ఛాడ్విక్ చే న్యూట్రానులు కనుగొనబడిన వెంటనే రోమ్ లో ఎనోరిో పెర్సి వీటిని అస్త్రములుగా కేంద్రక కుహరములోనికి పంపించటం ప్రారంభించాడు. ఫెర్మీ, అతని అనుచరులూ రోమ్ లో యీవిధమైన ప్రయోగ కార్యకలాపములు కొనసాగిస్తూఉండగా, న్యూయార్కులోని కొలంబియా విశ్వవిద్యాలయమునందు జార్జ్ B. పెగ్రామ్, జాన్ R. డన్నింగులుకూడా అదేవిధమైన పరిశీలనలు ప్రారంభించారు.

దీనివల్ల లభించిన ఫలితాలు ముదిసరలో వర్ణించియున్న రెండు రకములకూ విబేధంగాలేవు. ఇతర పరమాణువుల నుంచి కొత్త పరమాణువులు రూపొందినవి. అనేక మూల పదార్థముల రేడియో ధార్మిక ఐసోటోపులు ఉత్పత్తి అయినవి. ఈ ప్రయోగ పరిశీలనములలో న్యూట్రానుల వేగమునకు సంబంధించిన విషయము అతిముఖ్యమైనది. ఇతర కణములను అధిక వేగములలో ఉపయోగించేవారు, అదేవిధంగా మొదటిసారి న్యూట్రానులను ఉపయోగించినప్పుడు వాటికి గూడా అధిక వేగమును కల్పించారు. ఈ విధంగా చేయటం అనవసరమనీ యిది సరియైన పద్ధతికాదనీ త్వరలోనే గుర్తించ

బడినది. వేగాధిక్యత కలిగిన న్యూట్రానులకన్నా వేగము తక్కువైన న్యూట్రానులే అధికశక్తి సంపన్నములని నిర్ధారణ అయినది. యదార్థమునకు, వాయువునందు రేన్డం కదలికలను బోలిన స్వల్పవేగముగల న్యూట్రానులే అతిశక్తివంతములైనవి అని తెలిసిపోయింది.

ఆ విధమైన మందగమన న్యూట్రానులు అతిసులభముగా కేంద్రకమును జొచ్చుకొనిపోగలవు. కేంద్రకము న్యూట్రానుల సమ్మేళనం గనక స్థిరమై, న్యూట్రాన్ కేంద్రకమునందు ఉండిపోతే, అసలు మూలపదార్థముయొక్క సూతన ఐసోటోపు ఒకటి రూపొందుతుంది. కేంద్రకము న్యూట్రానుల సమ్మేళన ఎర్పాటు గనక అస్థిరమైతే, అది విచ్ఛిన్నమై పోజ్లట్రానులు లేక ఎలక్ట్రానులను గామాకిరణాలను విడుదల చేసి, వేరొక మూలపదార్థపు స్థిరమైన ఐసోటోపుగా రూపొందుతుంది; లేదా రేడియో ధార్మికత కలిగిన మూలపదార్థం ఉత్పత్తి అయి, అది పోజ్లట్రానులు లేక ఎలక్ట్రానులను, గామాకిరణాలను విడుదలచేస్తుంది.

న్యూట్రానులు ఎంత మందగమనంగలవైతే యీ కార్యకలాపములకు అంత మంచిది. కర్బనము ఉదాహరణ కలిగి, మితకారులు (Moderators) అని పిలువబడే పేరఫిన్ లాటి పదార్థములద్వారా న్యూట్రానులను గనుక వెళ్ళనిస్తే వాటి గమన వేగం తగ్గుతుంది. ఈ మితకారులను మళ్ళీ తర్వాత మనం కలుసుకుంటాము. న్యూట్రానులు, ఉదాహరణ పరమాణునందలి ప్రోటానులను తరుచు ఢీ కొనటంవల్లా, లేదా యితర మితకారుల స్థిర కేంద్రకాలను గుద్దుకొనడంవల్లా వాటి వేగతీవ్రత

తెగ్గుతుంది. ఈ సంఘర్షణలో న్యూట్రానుల శక్తి క్రమంగా క్షీణిస్తుంది.

మందగమన న్యూట్రానులతో అనేక ప్రయోగ పరిశీలనలు జరిగినవి. కాని మన కథాసందర్భము, న్యూట్రానులకూ భారమైన మూలపదార్థములుకూగల బాంధవ్యమునుమాత్రమే వర్ణిస్తుంది. మూలపదార్థావర్తనపట్టిక చివరనున్నది యురేనియం అనెడు అతి బరువైన సహజ మూలపదార్థము. ఇంత కన్నా బరువైన మూలపదార్థములను కృత్రిమంగా ఉత్పత్తి చేయవచ్చునా? మందగమన వేగము గల న్యూట్రానులు యురేనియమును గనుక చుట్టుముట్టినట్లయితే, కొన్ని న్యూట్రానులు కేంద్రకములోపలికి చొచ్చుకొని అక్కడ స్థిర పడవచ్చును అని ఘోషించితుని వాదన. ప్రేరణలందు స్వల్పమైన మార్పుతో, ఒక పోజ్ట్రాన్ లేక ఒక ఎలక్ట్రాన్ లేదా ఒక చిన్నభిండ్ (Fragment) విడుదలతో యురేనియమునకన్నా బరువైన మూలపదార్థము ఉత్పత్తి అయ్యేందుకు అవకాశం ఉన్నది. ఉత్పత్తి అవడానికి అవకాశమున్న యీ మూలపదార్థములను- యురేనియాంతర (transuranic) మూలపదార్థములని అంటారు,

ఈ విషయంలో ఘోషించితుడు గావించిన ప్రయోగములు ఆశాజనకంగా ఉన్నవి. యురేనియమునుంచి ఎలక్ట్రానులు విడుదల అయినవి. కాని మొత్తముమీద ఫలితములు మజోధకము కాలేదు ఇతరులు అనేక రకములైన ప్రయోగములుచేశారు కాని ఫలితాలుమాత్రం సుశయాస్పదములు

గానే ఉన్నాయి. ఈ ప్రయోగఫలితముల అంతర్దాహమును గ్రహించడానికి అయిదు సంవత్సరాలు పట్టింది.

విజ్ఞానశాస్త్ర చరిత్రలో యిలాంటి జాన్యంలో కోత్త ఏమీకాదు. ఇదిజరిగినది 1934 లో, అప్పటి ప్రపంచ పరిస్థితులుగూడా యీ జాన్యమునకు కారణభూతములైఉంటాయి. మొదట జర్మనీ తర్వాత ఆస్ట్రియా ఆతర్వాత ఇటలీ, చాలమంది శాస్త్రవేత్తలకు నివాస యోగ్యములు కాకుండా పోయినవి. ఇతర దేశాలలో తలదాచుకునే స్థావరాలను వారు వెదుక్కోవలసి వచ్చింది. బలవంతంగా వలస పోవటం అనేది సృజనాత్మకశక్తికి దోహదకారి కాజాలదు. ముఖ్యంగా కావలసిన మానసికమైన శాంతి, 1939 వ సంవత్సరమునకల్లా అమెరికా ఇంగ్లాండ్, ఫ్రాన్స్, డెన్మార్క్ దేశాలు అంతర్జాతీయ భృతిగాంచిన పదార్థవిజ్ఞాన తత్వవేత్తల నివాసస్థానములైనవి.

— — —

## VI

### పరమాణు బాంబులు సాధ్యమైనవి

#### 1. యురేనియమ్ పరమాణువు విచ్ఛేదవౌతుంది.

యురేనియమ్ - న్యూట్రాన్ ప్రయోగములు అర్థము చేసుకొనుటకు వీలైన ప్రథమకీలకము 1939 జనవరిలో కనుగొనబడినది. జర్మనీలో అట్టో హాన్ సి. స్ట్రాస్మన్ అను తత్వవేత్తలు. యురేనియముమీద మందగతి న్యూట్రానుల చర్య ఫలితంగా ఏర్పడే పదార్థములను రసాయనికంగా పరిశీలించారు. ఆ పదార్థములయందు బేరియా ఉండటంచూచి వారు ఆశ్చర్య చకితులయ్యారు.

యురేనియము కేంద్రకములో 92 ప్రోటానులూ 146 న్యూట్రానులూ ఉన్నవనే విషయం జ్ఞాపకం చేసుకోండి. బేరియం అనగా  $_{56}\text{Ba}^{138}$  కాబట్టి దీని కేంద్రకములో 56 ప్రోటానులూ 82 న్యూట్రానులూ మాత్రము ఉన్నవి. మూలపదార్థావస్థన పట్టికయందు బేరియము, యురేనియము నకు ఎంతో దూరమున ఉన్నది కాబట్టి యురేనియంమీద న్యూట్రాన్ చర్య ఫలితంగా యిది ఉత్పత్తి అవటం అంత సమంజసమైనట్లు కన్పించదు. పూర్వానుభవమునుపట్టి, యీ చర్య ఫలితంగా ఒక చిన్న యురేనియం ఖండము, లేదా ఒక

ఎలక్ట్రాన్ లేక పోజిట్రాన్, యురేనియం పరమాణుభారము నకు దగ్గరలోనున్న మరొక మూలపదార్థ స్వరూపముగాని విడుదలకావాలని మనం ఆశిస్తాము. అయితే బేరియం ఇక్కడ చేస్తున్న రాచకార్యం ఏమిటి?

జర్మనీ దేశంనుంచి శరణార్థులుగా వచ్చి కోపెన్ హేగన్ లోనూ స్టాక్ హోమ్ లోనూ స్థావరాలు ఏర్పరుచుకొన్న O. R. ఫ్రీషే, లిజేయెట్ నెర్ అనే తత్వవేత్తలు - యురేనియం - న్యూట్రాన్ విక్రీయా ప్రయోగములకు పని ప్రారంభించారు. లిజేయెట్ నెర్ తన ధీశక్తివంత దీనియందే కేంద్రీకరించగా ఆమెకు విప్లవాత్మకమైన ఉద్దేశ్యం ఒకటి కలిగింది. యురేనియమ్ ఒక న్యూట్రానును పీల్చుకున్నప్పుడు ఒహుళః అది రెండు భాగాలుగా పగలవచ్చును. అట్లా అయితే బేరియం ఉనికికి కారణం దొరుకుతుంది. మేనల్లుడూ సహచరుడూ అయిన ఫ్రీషేకి ఆమె తన అభిప్రాయమును తెలియజేసినది. ప్రఖ్యాతపదార్థతత్వవేత్త, కోపెన్ హేగన్ లోని ప్రయోగశాలా అధిపతి అయిన నియెల్స్ బాహిర్ తో యీ విషయాన్ని గురించి వారు యిరువురూ ముచ్చటించారు. ఐన్ స్టీన్ ని కలిసి కొన్ని సిద్ధాంత సమస్యలు (Theoretical Problems) చర్చించడానికిగాను ఆయన అప్పుడే ప్రిన్స్టన్ వెళ్ళబోతున్నారు. అక్కడికి జేరినతోటే మైట్ నెర్ సూచనను ప్రిన్స్టన్ లోనూ కొలంబియాలోనూ ఉన్న తన మిత్రులకు తెలియచేశారు.

ఈ వార్త ప్రభావం వెంటనే అన్నివైపులా ప్రాకింది. జీవపదార్థ తత్వవేత్తగా కొలంబియాలోని పదార్థవిజ్ఞానశాస్త్ర భవనమునందు ప్రయోగశాలలో నేను పరిశీలనలు జరుపుతూ



వున్నాను. ఆ సమయంలో అక్కడ పనిచేస్తూవున్న కేంద్రక పదార్థ తత్వవేత్తలతో నాకు కొంత సంబంధం ఉన్నది. లిజేమైట్ నర్ నూచనలో ఎంత ప్రభావం ఉన్నదో తెలుసుకున్న నాకు ఆశ్చర్యం కలిగింది. బోహిర్ ఆగమనం తర్వాత కొన్ని వారాలపర్యంతం ప్రయోగశాలయందు ఎక్కడచూచినా అమిత ఆవేశము వ్యక్తమైనది. అంతులేని ఆలోచనలూ లెక్కలేనన్ని ప్రయోగ పరిశీలనలు కొనసాగాయి. ప్రతిబిక్కురూ నిద్రాహారాలు ఎరుగకుండా తడేకదీక్షతో కార్యరంగంలో దూకారు.

యురేనియం ఒక న్యూట్రానును పీల్చుకున్నప్పుడు అది రెండు సమానభాగాలుగా పగులుతుండనేకదా మైట్ నర్ నూచన. అయితే యీ హడావుడి అంతా ఎందుకు ?

యురేనియమునకు 92 ప్రోటానులు ఉన్నాయి. అది విచ్ఛేదమైనప్పుడు బేరియం రూపొందుతుంది. బేరియమునకు 56 ప్రోటానులు ఉన్నాయి; అది రెండవఖండమునకు 36 ప్రోటానులను విడిచిపెడుతుంది. మూలపదార్థావర్తన పట్టిక యందు 36 సంఖ్యనుచూడండి; అది క్రిప్టాన్. ఇప్పుడు బేరియం క్రిప్టాన్ లను, సంపుటికరణకారణాంశ బొమ్మయందు చూడండి. (15 వ చిత్రం) అత్యధికసంపుటికరణ కారణాంశములు కలిసే మూలపదార్థములలో అవి ఉన్నవి. అంటే దీని అర్థం : యురేనియమునుంచి అవి రూపొందినపుడు, మొదటనున్న ద్రవ్యరాశి కన్నా చివరనున్న ద్రవ్యరాశి తక్కువగా ఉంటుంది; ద్రవ్యరాశి చక్కగా పరివర్తన చెందుటకు తెలియజేసే ఐన్ స్టీన్ సమీకరణముననుసరించి భారీఎత్తున శక్తి విడుదల అవుతుంది.

ఏదిఏమైనా యిదేమీ కొత్తకథమాత్రం కాదు. ఆవేశానికి కారణం ఏమీ కన్పించదు. ఉదాహరణకు : లిథియం ఒక ప్రోటానును పీల్చుకొన్నప్పుడు విచ్ఛేదనమువల్ల రెండు హీలియం పరమాణువులుగా పగిలి, సంపుటికరణ కారణాంక లెక్కకు తేలిన ద్రవ్యరాసి తరుగుదలకారణంగా విపరీతమైన శక్తిని విడుదలచేస్తుంది అని మనకు తెలుసు. అంతే గాకుండా, యిలాంటి శక్తి విడుదల గూఢాంతరములను గురించి పరిశీలనలు జరిగినవనీ, పరిస్థితి అంతా సుబోధకమైనదేననీ మనకు తెలుసును. విడుదల అయ్యే శక్తి ఎంతో అధికమైనదే కాని సాంకేతిక కార్యకలాపములకు యిది అక్కరకు రాదు. ఈ సాంకేతిక కార్యకలాపములు అవిరామంగా కొనసాగవలె

$$\begin{pmatrix} 92 \\ 146 \end{pmatrix} + 0 \rightarrow \begin{pmatrix} 56 \\ 82 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 36 \\ 47 \end{pmatrix} + 180$$

18 వ పటము

నంటే దీనికి ఆవసరమైన ప్రోటానులనూ న్యూట్రానులనూ సరఫరాచేయుటకు, విక్రియద్వారా లభించేదానికన్నా అధికంగా శక్తిని వెచ్చించవలసి ఉంటుంది. ప్రోటానులనూ, న్యూట్రానులనూ ఏక్షణాన్న సరఫరాచేయటం ఆపివేస్తాయో ఆ ట్టణాన్నే కార్యకలాపం గూడా స్థంభించిపోతుం.

అయితే శాస్త్రపరిశోధకుల ఆవేశమునకు కారణం ఎక్కడఉన్నదో తెలుసుకుందాము. 18వ చిత్రపటంచూడండి. యురేనియం-238 కి 146 న్యూట్రానులు ఉన్నవి. విచ్ఛేదనకు కారణభూతమైన ఆ ఒక్క న్యూట్రానునూ, దీనికి కలపండి.

బేరియం 138కి 82, క్రిప్టాన్ 83కి 47 కలుపుతే 129 న్యూట్రానులు. ఇకపోతే మిగిలిన 18 న్యూట్రానులకీ లెక్కతేల్చినవని ఉన్నది. జీటా కిరణాల విడుదలవల్ల, పీనిలో కొన్ని న్యూట్రానులు ప్రోటానులుగా మారినప్పటికీ యింకా అనేక న్యూట్రానులు స్వేచ్ఛగా ఉండిపోయేందుకు అవకాశంఉన్నది. స్వేచ్ఛా న్యూట్రానులను కనుక్కోవటమే యీ ఆవేశమునకు కారణము

యురేనియం ఒక న్యూట్రానును లోగొన్నప్పుడు రెండుగా పగిలి బేరియం క్రిప్టాన్లనిచ్చి, విపరీతమైన శక్తిని న్యూట్రానులనూ విడుదలచేస్తుంది. విడుదల అయిన న్యూట్రానులు మరొక యురేనియం పరమాణువుచే పీల్చబడి, బేరియం క్రిప్టానులుగా పగిలి, మరల శక్తిని న్యూట్రానులనూ విడుదల చేస్తూ ఉండవచ్చును. ఈ విధంగా విచ్ఛేదన కారణంగా విపరీతమైన శక్తి విడుదల అవటమేగాకుండా అనుక్రమ విక్రయ (Chain reaction) గా యీ కార్యకలాపం కొనసాగిపోవుటకు, న్యూట్రానులుగూడా విడుదల అవుతవి. విక్రయాంతమునందు యురేనియం అంతా బేరియం క్రిప్టానులుగా మారిపోతుంది. సిసలైన ఒక్కన్యూట్రాన్ ప్రారంభ చర్యమూలంగా యురేనియం పరమాణు అనుక్రమ విచ్ఛేదనమునకు మార్గమేర్పడి విపరీతమైన శక్తి విడుదలఅవుతుంది. పరమాణుశక్తిని భారీ ఎత్తున విడుదలచేయుటకు అవకాశం ఉన్నదనే అంశ స్థిరపడినది.

మైబోసర్ సూచన ఎంతవరకూ సత్యంఅనేది ప్రపథమంగా నిర్ణయించవలసి ఉన్నది. ఒక న్యూట్రానును పీల్చుకొన్న యురేనియం పరమాణువు నిజంగా రెండు భాగాలుగా విచ్ఛేదమైతే, ఆముక్కలు విపరీతమైన శక్తితో దూరదూరంగా

ఎగిరిపోతాయి. శక్తియొక్క యీ భార స్పందనలు (heavy-pulses) సులభంగా గుర్తించవచ్చును. పి.పే, యీ స్పందనల కోసం షరిశీలనజరిపి వెంటనే కనుగొన్నాడు. కొద్దిరోజులలోనే స్వదేశవిదేశములలో ఈ ప్రయోగమును జరుపుతున్న వారందరూ ఈ విషయాన్ని ధృవపరచారు. యురేనియం విచ్ఛేదన యధార్థసత్యమని ఋజువైనది.

అయితే, విచ్ఛేదన సమయంలో న్యూట్రానులు నిజంగా విడుదల అవుతున్నవా అనే విషయం పరిశీలించవలసిఉన్నది. విచ్ఛేదన సమయంలో న్యూట్రానులు విడుదల కావచ్చుననే అభిప్రాయం, ఫ్రాన్స్ లో జోలియట్ కీ, కొలంబియా విశ్వవిద్యాలయ తత్వవేత్తలు ఫెర్మి, స్విలార్డ్ లకు తట్టింది. తమ సహచరులతో కలిసి యీ విషయం నిజమైనదీ లేనిదీ తెలుసుకునేందుకు ప్రయోగములు ప్రారంభించారు. 1939 మార్చి 25 వ తేదీన H. వాన్ హాల్ బెన్, F. జోలియల్, L. కోవార్ స్కీలు తమ నివేదికలు ప్రచురణార్థం పంపించారు. 1939 మార్చి 16 వ తేదీన H. L. ఆండర్ సన్, E. ఫెర్మి, H. హాన్ సెన్, L. స్విలార్డ్, W. H. జిన్ లు తమ ప్రయోగ సమాచారమును పత్రికలకు ప్రచురణకోసం పంపించారు. వివిధ ప్రయోగములద్వారా - యురేనియం 'విచ్ఛిన్నమయ్యే' సమయంలో న్యూట్రానులు విడుదల అవుతాయని నిర్ధారణ అయింది. పరమాణుశక్తి, కనుచూపుమేరలోకి వచ్చేసినట్లుగా అనిపించింది.

## 2. ఏ యు రేనియం ఐపోటోపు

### విచ్ఛేదన చెందుతుంది ?

యురేనియం విచ్ఛేదన న్యూట్రానుల విడుదల - ప్రయోగ ప్రదర్శనితో ప్రపంచంలో అనేకప్రాంతములయందు శాస్త్రవేత్తలు కొన్ని నెలలవరకు ఎడతెగని కార్యకలాపములో నిమగ్నులైపోయారు. 1939 డిసెంబర్ మాసము నందు L. A. టర్నర్ పండితుడు, ఆ సంవత్సరములో విచ్ఛేదనను గురించి జరిగిన ప్రయోగపరిశీలనలను సమీక్షచేస్తూ 'రిప్బ్లీకన్ ఆఫ్ మోడరన్ ఫిజిక్స్' ఆనే పత్రికలో వందపేజీలు వ్యాసం వ్రాశాడు. మరి రెండు మూలపదార్థములు : ఫోరియం, ప్రోటో ఆక్టీనియం అనేవికూడా విచ్ఛేదన పదార్థములుగా కనుగొనబడినవి. అయితే, మండగతి న్యూట్రానులతో యురేనియం అద్భుతంగాపనిచేస్తుంది. కాని ఈరెండింటికిమాత్రం వేగగతి న్యూట్రానులు కావాలి. ఈ మూడు మూలపదార్థములు సమానపరిమాణం గల ముక్కలుగా విచ్ఛేదన చెందుతవి; మూలపదార్థావర్తన పట్టికయందు మధ్యనున్న మూలపదార్థములఐపోటోపులుగా ఈముక్కలు మారిపోయాయి. ఈమూలపదార్థములు 34 వ సంఖ్య (సెలేనియం) మొదలు 57 వ సంఖ్య (లంథానమ్) వరకు ఉంటవి; వాటి సంపుటికరణ కారణాంకములు పెద్దవి. కాబట్టి విచ్ఛేదనసమయంలో విపరీతమైనశక్తి విడుదల అవుతుంది. ఈ ముక్కలలో చాలవరకు రేడియోధార్మికశక్తి కలిగినవి, కాబట్టి అస్థిరస్వభావం కలవి; అవి స్థిర

పడేటంతవరకూ ఎలక్ట్రానియలనూ గామాకిరణములనూ విడుదల చేస్తూనే ఉంటాయి.

యురేనియం విచ్ఛేదన విషయంలో మాత్రం వర్షడే ముక్కలు సరిసమానమైనవికావు వాటి పరమాణు ద్రవ్య రాసులు 140, 90 ఉంటవి. బేరియం క్రిప్టాన్లకుతోడు రేడియో ధార్మికత కలిగిన అనేక యితర ఐసోటోపులు ఉత్పత్తి అవుతవి. ఇవన్నీ గామాకిరణాలను విడుదలచేస్తవి. 1939 లో కనుగొన్న యురేనియం విచ్ఛేదన విషయాలలో ముఖ్యమైనది - యురేనియం ఐసోటోపులకు సంబంధించినది. యురేనియమునకు సహజసిద్ధమైన మూడు ఐసోటోపులు ఉన్నాయి. పరిశుద్ధ యురేనియం పదార్థములో నూటికి 98.3 పాళ్ళు పదార్థం  ${}_{92}\text{U}^{238}$  ఉన్నది. దీనినే క్లుప్తపరచి U-238 అని వ్రాస్తారు. పరమాణుభారము 238 కలిగిన తేలిక ఐసోటోపు ఒకటి అతిస్వల్పంగా నూటికి 0.7 భాగాలు ఉన్నది. ఇది  ${}_{92}\text{U}^{235}$  - దీనినే క్లుప్తంగా U-235 అంటారు. ఇంతకన్న తేలికయైన మరొక ఐసోటోపుఉంది. మొత్తం పదార్థములో అసలు ఉన్నదా లేదా అన్నంత నూక్లెయిడ్ల సంఖ్యలో నూటికి 0.006 వంతులు ఉంటుంది. ఇది  ${}_{92}\text{U}^{234}$  అయితే యీ యురేనియం ఐసోటోపులన్నీకూడా విచ్ఛేదన చెందుతాయా? అని ప్రశ్న.

ఈ ప్రశ్నకు సమాధానం చెప్పవలసంటే ముందుగా యురేనియం ఐసోటోపులు మూడింటినీ దేనికది వేరుపరచి అవి విడివిడిగా విచ్ఛేదన చెందేదీలేనిదీ పరీక్షించాలి. ఐసోటోపులను వేరుపర్చటంఅనేది అంత సులభసాధ్యమైన కార్యం

కాదని మనకి తెలుసును. అంతేగాకుండా U- 238, U- 235, U- 234 ఐసోటోపుల ద్రవ్యరాసులందు గల తేడా అత్యంత స్వల్పం. ఈతేడా అయినా మహాఉంటే, నూటికి 1 వంతు కన్నా ఉండదు. ఇకపోతే, యీ పరీక్షలను జరపడానికి పదార్థం అధికంగా అవుసరంలేదు. ఇదివరలో థాంసన్, ఏస్టన్ పండితులు ఐసోటోపుల ఉనికిని గురించి ప్రయోగములద్వారా ప్రదర్శించి ఉన్నారు. వారి విధానానికి కొద్దిమాత్రపులు చేసి A. అనియెర్ పండితుడు ఐసోటోపులను వేరుచేయగలిగాడు.

మాన్ స్పెక్ట్రోగ్రాఫ్ నందు యురేనియం, థైస్టెయిర్ నాళికయందువలెనే ధనవిద్యుత్ అయనముల ప్రవాహముగా మార్చబడినది. కాథోడ్ నందు గల రంధ్రములద్వారా యీ ప్రవాహమును పోనిచ్చి, అయసాలాత ట్యూట్రప్రభావంవలన వంపుతిప్పబడింది. తేలికఐసోటోపు ఎక్కువగా వంగుతుంది. 13 వ చిత్రంలో చూపినవిధంగా మిగతా రెండు ఐసోటోపులు ఛాయాచిత్ర ఫలకంమీద రెండు వేర్వేరుస్థలములను తాకుతాయి. ఇదివరలో థాంసన్, ఏస్టన్ పండితులు కిరణమును ఛాయాచిత్రఫలకంమీద పడునట్లుచేశారు. ఇప్పుడు నియెర్ ఆవిధంగా చేయలేదు. కిరణములు. ఉపరిభాగముమీద కూడగట్టుకునేట్లు చేశాడు. ఐసోటోపు మచ్చలను దేని కది విడివిడిగా న్యూట్రానులతో పరీక్షించి ఫలితాలను పరిశీలించాడు. దీనినిబట్టి తెలిసినవిషయం ఏమంటే - యీ మూడు ఐసోటోపులలోను U - 235 మాత్రం విచ్ఛేదనమైనట్లు తేలింది. యురేనియం-238 న్యూట్రానును పట్టుకొన్నది కాని విచ్ఛేదన

చెందలేదు. కేంద్రీకరణశక్తి అత్యల్పమైనది కావున యురేనియం-234 రంగంలో ప్రవేశింపదు.

తర్వాత జరిగిన పరిశీలనవల్ల U-235 వేగగతి గల న్యూట్రానులకన్న మందగతి న్యూట్రానులనే సులభంగా బంధించగలదని తెలిసినది. కాబట్టి విచ్ఛేదన కార్యకలాపము నకు మందగతి న్యూట్రానులు ఉత్తమమైనవి. U-238, వేగగతి (fast) న్యూట్రానులను సులభంగా బంధిస్తుంది, కాని విచ్ఛేదన చెందదు.

ఈ సమాచారము బరమాణుశక్తివిడుదలకు ఉత్తమ శకునంగా భావించేందుకు వీలులేదు. విచ్ఛేదన చెందడానికి యురేనియం - 235 కి మందగతి న్యూట్రానులు కావాలి. U-235 విచ్ఛేదన చెందినప్పుడు వేగగతి న్యూట్రానులను విడుదలచేస్తుంది. యురేనియం - 238 వేగగతి న్యూట్రానులను బంధించగలిగినప్పటికీ విచ్ఛేదన చెందదు. అనుక్రమ విక్రియ (Chain reaction) నిరాఘాటంగా కొనసాగవలనంటే U-235 విడుదలచేసిన న్యూట్రానులలో ఒక్కదానినైనా U-235 కేంద్రకముపట్టి బంధించాలి. కాని విడుదల అయిన వేగగతి న్యూట్రానులను అతిసులభంగా U-238 పట్టి బంధిస్తుందే కాని విచ్ఛేదనమాత్రం చెందదు. అంతే గాకుండా సహజమైన యురేనియమునందు U-కన్నా 140 రెట్లు అధికంగా U-238 ఉన్నది. U-235 విచ్ఛేదన చెందినప్పుడు విడుదల అయ్యే న్యూట్రానులలో ఒక్కటిగూడా U-235 కేంద్రకమును చేరనివ్వకుండా U-238 కబళించివేస్తుంది. అనుక్రమ విక్రియ



కొనసాగడానికి U - 235 కేంద్రకానికి ఒక్క న్యూట్రానుగూడా లభ్యం కాకపోవడంతో అది విఫలమైపోతుంది.

ఈ క్లిష్ట పరిస్థితినుంచి బయటపడటానికి మార్గం లేక పోలేదు: ఐసోటోపులను దేనికది వేరుచేయాలి. అప్పుడు పరిశుద్ధమైన U-235 లభిస్తుంది. ఈ పరిశుద్ధ U-235 విచ్ఛేదన చెందినపుడు విడుదలఅయ్యే న్యూట్రానులు, U - 238 బాదర బందీ ఏమీలేకుండా U - 235 చే బంధింపబడే అవకాశం ఏర్పడుతుంది. అనుక్రమ విక్రయా కార్యకలాపంగూడా నిరాఘాటంగా కొనసాగిపోయే వీలు కలుగుతుంది. అయితే యిది మనం అనుకుంటున్నంత సులభమైన మార్గముమాత్రం కాదు. ఐసోటోపుల విభజన కార్యక్రమం ఎంత క్లిష్టతరమైనదో మనం యిదివరకే తెలుసుకున్నాము: నియాన్ 20, నియాన్ 22-విడదీయుటకు ఏస్టన్ పండితుని ప్రయత్నములు, యూరే పండితుని ఉదజని-డ్యూటీరియం ప్రాణనాయువు 18- ప్రాణనాయువు-16 విభజనా ప్రయత్న విజయము మనం తెలుసుకుని ఉన్నాము. U - 235 U - 238 ల ద్రవ్యరాసులయందు గల నూటికి 1 వంతు తేడానుబట్టి ఐసోటోపు విభజన అతికష్ట సాధ్యమైనది. దీనినిబట్టి అనుక్రమ విక్రయద్వారా పరమాణు శక్తి లభిస్తుందనే ఆశకు తావు ఏర్పడుతున్నదేకాని అది సాధ్యం అయేట్లు మాత్రం కన్పించటలేదు.

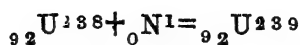
### 3. కొత్తగా ఉత్పత్తి అయిన పరమాణువులు : వాటివిచ్ఛేదన.

U - 238 ఐసోటోపు గతివేగన్యూట్రానులను పట్టి బంధిస్తుందేగాని విచ్ఛేదనచేందదు. అది చేసేదేమిటి? ఎవరికీ యిదమిద్ధంగా తెలియదు. కాని సామ్యాలనుబట్టి సిద్ధాంతాలనుబట్టి చూస్తే, చిన్నచిన్న ముక్కలు (Fragments) విడుదల అవుతూ ఉండవచ్చునని తోస్తుంది. బాహెర్ రూపొందించిన సిద్ధాంతీకరణ అభిప్రాయము (Theoretical Ideas) ల ద్వారా ఏమిజరిగేందుకు అవకాశం ఉన్నదో మనం తెలుసుకొనవచ్చును.

ఈ ఊహలను పరిశీలించటం అత్యవసరం. బాహెర్ పండితుని కాలానికి కేంద్రక నిర్మాణ సిద్ధాంతము పరిపుష్టిచేందినదికాదనీ బహుపరిమిత (Limited) యైనదనీ మనం ఒప్పుకోవాలి. ఈ దృష్ట్యా, అప్పుడు చెప్పిన జోస్యములన్నీ శాస్త్రబద్ధము లనడానికి వీలులేదు. అయితే విచిత్రం ఏమంటే యీవిషయమును గురించిన అప్పటి ఊహాజనిత సిద్ధాంతము యిప్పుడు యదార్థమైనది.

U - 238 ఒక న్యూట్రానును పట్టి బంధించి నప్పుడు ఏం జరగవచ్చును? కేంద్రకము గనుక ఒక న్యూట్రానును పట్టి బంధించి ఉన్నట్లయితే ఒక కొత్త ఐసోటోప్ U - 239 ఉత్పత్తి కావాలి. ఎందువల్లనంటే, కేంద్రకద్రవ్యరాశికి యీ న్యూట్రాను తనంత భారముగల ద్రవ్యమును జోడిస్తున్నది.

అందువల్ల పరమాణుభారము 238 నుంచి 239 కి పెరుగుతున్నది. ఇది మొదటి మెట్టు. దీనిని యీ విధంగా వ్రాయవచ్చును.



ప్రేరణలకోసం ఎడమవైపు సంఖ్యలను, ద్రవ్యరాశికోసం కుడివైపు సంఖ్యలను కలపండి.

సిద్ధాంత ప్రకారం-ఇది అనేక న్యూట్రానులు కలిగిన అస్థిరవిధానం అని అనవచ్చును కాబట్టి ప్రేరణలయందు ద్రవ్యరాసులయందు క్రమమునందు మాపుకలిగి కేంద్రకము ఒక ఎలక్ట్రానును విడుదల చేస్తుంది. కేంద్రకమునుంచి ఒక ఋణవిద్యుత్ ప్రేరణ గనక విడుదల అయితే, ధనవిద్యుదావేశము గల్గిన ప్రోటానుగా మారుటకు ఒక ఎలక్ట్రానును న్యూట్రాను గనక విడుదల చేస్తే, యిది బయటకు వచ్చి వేస్తుంది. దీని ఫలితంగా కేంద్రకమునందు 1 న్యూట్రానును తగ్గుతుంది. కాని U - 238 కన్నా అధికంగా ఒక ప్రోటాను ఉంటుంది. యురేనియమునకు 92 ప్రోటానులు ఉంటాయి. ఈ కొత్త కేంద్రకమునందు మొత్తం 93 ప్రోటానులు ఉన్నాయి. 93 ప్రోటానులు కలిగియున్న మూలపదార్థము యురేనియమునకన్నా విభిన్నమైన మూలపదార్థం అయితీరాలి. మూలపదార్థావర్తన పట్టికలో తర్వాతి స్థానమును ఆక్రమించాలి.

ఈ సూతన మూలపదార్థమును నెప్ట్యూనియం అంటారు. గుర్తు Np. నెప్ట్యూన్ గ్రహాన్ని పట్టి దీనికి ఆ పేరు వచ్చింది. యురేనియమునకుగూడా యురనస్ గ్రహాన్ని బట్టి పేరు వచ్చింది. ఆ గ్రహాల తీరులోనే, యివిగూడా ముందు

వెనుకలుగా వుంటాయి. 1934 ప్రారంభములో ఖెర్సీ మొద  
లైన తత్వవేత్తలు జోస్యము చెప్పిన యురేనియానంతర  
మూలపదార్థములలో యిది ఒకటై ఉండాలి.

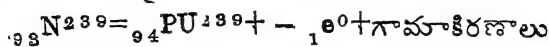
నెప్ట్యూనియం రూపొందినప్పుడు ఒక్క ఎలక్ట్రాను  
( $-1e$ ) మాత్రమే కాకుండా దానితోపాటు శక్తివంతము  
లైన  $\times$  కిరణములు గామాకిరణముల రూపంలో అధికంగా  
శక్తి విడుదల అవుతుందనిగూడా యీ సిద్ధాంతం జోస్యము  
చెప్పినది. అస్థిరమైన U-239 ఐసోటోపునుంచి రూపొందే  
నెప్ట్యూనియమును యీవిధముగా వ్రాయవచ్చును.

$${}_{92}\text{U}^{239} = {}_{93}\text{U}^{239} + -1e + \text{గామాకిరణాలు}$$

ఈ కార్యకలాపం యిక్కడితో ఆగిపోదు. కేంద్రక  
నిర్మాణమును గురించిన సిద్ధాంతీకరణ అభిప్రాయములనుబట్టి  
పరిమాణరూపేణ  $\text{NP}^{239}$  అస్థిరమైనదై ఉండాలి. కొంచెం  
సేపట్లోనే అది తన కేంద్రకమునుంచి ఒక ఎలక్ట్రానునూ శక్తి  
వంతములైన  $\times$  - కిరణములనూ విడుదల చేస్తుంది. కేంద్ర  
కమునుంచి ఒక ఎలక్ట్రాన్ విడుదల అయిందే అంటే దాని  
అర్థం - ఋణవిద్యుత్ ప్రేరణ తొలగిపోవటంవల్ల ఒక  
న్యూట్రాన్ ఒక ప్రోటాన్ గా పరివర్తన చెందటం అన్నమాట.  
93 ప్రోటానులు కలిగిన నెప్ట్యూనియమునుంచి 94 ప్రోటానుల  
గల కేంద్రకముతో మరొక నూతన మూలపదార్థము ఏర్పడు  
తుంది.

ఒకదాని తర్వాత ఒకటిగా విడుదల అయిన 2 ఎలక్ట్రాన్  
నులవల్లా ద్రవ్యరాశిలో చెప్పకోతగినంత నష్టమేమీ సంభవించ  
లేదు. కాబట్టి పరిమాణభారము యిప్పుడుగూడా 239. కాని

మూలపదార్థావర్తన పట్టిక యందు ఈ నూతన మూల పదార్థము సంఖ్య 94. ఖగోళమండలములో దూరంగా ఉన్న ప్లాటోనుబట్టి దీనికి ప్లాటోనియా అని పేరువచ్చింది. నెప్ట్యూనియం నుంచి ప్లాటోనియం ఉత్పత్తి అయ్యేపద్ధతి యీ క్రింద పునీకరణంలో వ్రాయబడింది.



సిద్ధాంతద్వారా జోస్యం చెప్పిన విషయాలలో అతి ముఖ్యమైనది ఒకటి ఉన్నది. నూతన మూలపదార్థమైన ప్లాటోనియం PU 239 పరిమాణ స్థిరత్వము కలిగిఉంటుంది. U-235 వలెనే యిదిగూడా మందగతి న్యూట్రానులను పీల్చుకొని విచ్ఛేదించెందుతుంది, అని జోస్యం చెప్పబడింది.

ఈసిద్ధాంతీకరణ జోస్యములు (theoretical predictions) గనక నిజమైతే - U-238 చే పీల్చబడిన న్యూట్రాను కారణంగా ప్లాటోనియం అనే నూతన మూలపదార్థము ఉత్పత్తి అవుతుంది, U-235 వలెనే PU-239 విచ్ఛేదన చెందుతుంది. సహజమైన యురేనియం U-238 కి అధిక కేంద్రీకరణ (Concentration) శక్తి ఉండటంవల్ల పెద్దపరిమాణాల్లో యిది లభ్యమౌతుంది. అంతేగాకుండా ప్లాటోనియమునకు యురేనియమునకు రసానికముగా తారతమ్యం ఉండుటవల్ల, ప్లాటోనియం రూపొంది పరిశుద్ధిచేయబడినతర్వాత వీటి రెండింటినీ వేరుచేయటానికి శ్రమ ఏమీ ఉండదు.

ఆ తర్వాత అనుక్రమ విక్రియ ప్రారంభించుటకుగాను, ప్లాటోనియం ద్రవ్యరాసిని సంసిద్ధము చేయవచ్చును. బయట నుంచి సరఫరాచేసిన ఒకే ఒక న్యూట్రానును ప్లాటోనియం

కేంద్రకము పీల్చివేస్తుంది. అప్పుడు విచ్ఛేదమువల్ల అది రెండు ముక్కలై ఉష్ణము, గామాకిరణాలు, అనేక న్యూట్రానులనూ విడుదలచేస్తుంది. ఈ న్యూట్రానులను పుల్లనియం కేంద్రకాలు ఒక్కొక్కటి ఒక్కొక్కదానిని బంధిస్తాయి. వెంటనే విచ్ఛేదనం జరిగి శక్తినీ, న్యూట్రానులనూ విడుదలచేస్తాయి. ఈ అనుక్రమవిధానం, ప్లూటోనియం ద్రవ్యరాశి అంతా విచ్ఛేదనశక్తలాలుగానూ, విపరీతమైన శక్తిగానూ మారిపోయే వరకూ సాగిపోతూనే ఉంటుంది.

1939 తొలిభాగమునందు ఏది సిద్ధాంతమో 1945 లో అదే యదార్థమైనది.

## 4. పరమాణు విభజనా కార్యక్రమం

కొనసాగించవచ్చునా ?

పరమాణుశక్తిని గురించి అర్థం చేసుకోగలిగినవారికి, ఇప్పటి వరకూ నేను చెప్పిన విషయాలేగాకుండా యింకా అధికంగా తెలిసిఉండవచ్చును. ఈ విజ్ఞానము అందరికీ అందుబాటులోఉన్నదే. ప్రాథమిక పాఠ్యగ్రంథాలలో దీనిని గురించి చాలవరకు తెలుస్తుంది; పూర్తిగా పదార్థతత్వశాస్త్ర పత్రికలలోనూ, విశ్వవిద్యాలయాల పాఠ్యగ్రంథాలలోను లభ్యమౌతుంది. పరమాణు తత్వవేత్తల విషయంలో రహస్యంగా దాచటం అనేది వారికి ఏకోశానాలేదు. శాస్త్రవిషయముల నన్నింటినీ వారు ముఖతః సంభాషణలద్వారా, ఉత్తర ప్రత్యుత్తరములద్వారా తెలిసోను తెలిగ్రాములద్వారా అందజేసు

కున్నారు ప్రతివారికీ మిగతావారు యీవిషయాన్ని గురించి తెలుసుకున్నవారని తెలుసును. అభిప్రాయాలు స్వేచ్ఛగా వెల్లడి అయినవి. వాటిని గురించి విమర్శనాత్మకమైన గోష్ఠాలు జరిగినవి. దీని ఫలితంగా ఉత్సాహం పెరిగింది, విజ్ఞానశాస్త్రం అపారంగా పురోగమించినది.

1939 లో యీ స్వేచ్ఛకు అంతరాయం కలిగినది. సెప్టెంబరులో జర్మనులు పోలెండుమీద దాడిచేశారు. యూరోపునందు యుద్ధం ప్రారంభమైనది. ఇప్టు లేకపోయినా చాలామంది శాస్త్రజ్ఞులు తమ కార్యకలాపములను కట్టిపెట్టి తమదృష్టిని యుద్ధసంబంధమైన సమస్యలవైపు మళ్ళించారు. అమెరికాలోనూ ఇంగ్లాండ్ లోనూ కొంతమంది, సైనిక శాఖా పరంగా పరమాణుశక్తి ఉత్పత్తి కార్యకలాపములను కొన పొగించేందుకు ఆలోచనలు ప్రారంభించారు.

ఊరికే లెక్కలు కట్టడం అనేది తలనొప్పిపని. ఈ కథను యింతవరకూ అనుసరించివచ్చిన పాఠకునికి పరమాణు శక్తి సంబంధమైన కూడికలూ గుణితలూ చేయటం అంత కష్టసాధ్యమైన పనికాదు. యురేనియము, దానియొక్క విచ్ఛేదనవల్ల ఉత్పత్తిఅయిన బేరియం క్రిప్టానుల సంపుటి కరణ కారణాంకములనుగురించి అతనికి తెలుసును. విచ్ఛేదన కారణంగా కలిగిన ద్రవ్యనష్టము తేడాగావస్తుంది; ఇదేశక్తిగా విడుదల అవుతుంది. దీనిని ఐస్టీన్ సమీకరణములో పొందుపరుచుచున్నా. నూరుపాళ్ళ పరమాణు ద్రవ్యరాశిలో ఎన్ని పాళ్లు నష్టంవస్తుందో ఒక పౌను ద్రవ్యరాశికి కలిగేనష్టంగూడా అన్న పాళ్ళలోనే ఉంటుంది. U-235 ఐసోటోపు లేకుండా పరిశుద్ధ

మైన ఒక పాను U - 235 తో ఏవిధమైన ఫలితం కలుగుతుందో అతను లెక్కించగలడు. అనుక్రమవిక్రయ కొనసాగి, ఆ పాను U - 235 లోని పరమాణువులన్నీ విచ్ఛేదన కావడంతో ఉత్పత్తి అయ్యే శక్తి 400 బిలియన్ బిలియన్ ఎర్గులు లేదా 12,000,000 కిలోవాట్ గంటల ప్రమాణంలో ఉంటుంది.

ఈ శక్తిని గనుక అదుపులో ఉంచి నెమ్మదిగా విడుదల చేస్తే, 12 మిలియన్ల 100 కిలోవాట్ దీపములను 10 గంటల సేపు వెలిగిస్తుంది. అంటే న్యూ ఇంగ్లండ్ లోని ఇళ్ళ నన్నింటినీ ఒక రాతంతా దేదీప్యమానం చేయడానికి ఈ శక్తి సరిపోతుంది.

అయితే యీ శక్తి నే వెంటనే, అనగా ఒక నిమిషకాలంలో గనక విడుదలచేస్తే 10,000 టన్నుల TNT ప్రేలుడు శక్తికి సమానమావుతుంది. ఒక టన్నులో 2000 పానులు యిది 20,000,000 లో భాజ్యము (Factor) అవుతుంది. అంటే TNT కన్నా U - 235, 20,000,000 రెట్లు అధికప్రేలుడు శక్తిని కలిగిఉన్నదన్నమాట. ఒక పాను U - 235 లో పరమాణువులు నూటికి 10 వంతులు మాత్రమే గనక విచ్ఛేదన చెందుతే TNT కన్నా 2,000,000 రెట్లు శక్తి జనిస్తుంది. ఒక పాను U - 235 పరమాణువులలో నూటికి 1 వంతు విచ్ఛేదన చెందుతే, TNT కన్నా 200,000 రెట్లు శక్తి విడుదల అవుతుంది. దీనినిబట్టి ప్రేలుడు శక్తికి సంబంధించిన ఒక నూతన క్రమం (New Order) సాధ్యమని తెలుస్తుంది

ఇదంతా కాగితంమీద బాగానే ఉంటుంది. యదార్థానికి అటువంటి అనుక్రమ విక్రయ (Chain Reaction) ను ఎవరూ కొనసాగించలేకపోయారు. ఒక గ్రాములో నూరు మిలియన్ల



భాగాలుఉంటే అందులో 1 భాగంకన్నా అధికంగా U - 235 ని పేరుచేయడానికి ఎవరికీ సాధ్యంకాలేదు. ఇది అతిసూక్ష్మమైన సూక్ష్మమైన కణము. ఏ యురేనియం ఐసోటోపు విచ్ఛేదన చెందుతుందో పరీక్షలు చేయడానికి మాత్రమే అక్కడకు వస్తుంది. ఒక పాను U - 235 అనేది అసాధ్యమైన విషయము. మూడు ఐసోటోపులను కలిగిఉన్న సామాన్య యురేనియము తోనే మనం కాలక్షేపం చేయటం ఉత్తమం. మామూలు యురేనియముతో అనుక్రమ విక్రీయకు ఏమైనా అవకాశం ఉండేమో పరిశీలిద్దాము.

U - 235 పరమాణువు ఒకటి మందగతి న్యూట్రానును ఒకదానిని పీల్చుకున్నప్పుడు, కేంద్రకము విచ్ఛేదమై వేగగతి గల్గిన న్యూట్రానులను విడుదల చేస్తుంది - అన్నది మూల సిద్ధాంతం. మనం ఉపయోగించేది మామూలు యురేనియమే గనుక యింకా యితరసంఘటనలు కొన్ని జరుగవచ్చును. ఈ సంఘటనావిధానం సరియైనదిగనుక అయితేనే అనుక్రమ విక్రీయ సాధ్యం అవుతుంది.

మొదటిది: విచ్ఛేదనా బంధన (fission capture). యురేనియం - 235 మందగతి న్యూట్రాను నొకదానిని బంధించినప్పుడు విచ్ఛేదన చెందుతుంది. వేగగతి న్యూట్రానును బంధించినప్పుడు U - 235 విచ్ఛేదన చెందుతుందా? సంభవం కావచ్చును. మామూలు యురేనియమునందు U - 235 కన్నా U - 238 140 రెట్లు అధికంగా ఉన్నది. విచ్ఛేదన చెందకుండా వేగగతిన్యూట్రానుల నన్నింటిని యిది పీల్చివేస్తుంది. ఈ కారణంవల్ల ఏసంగతీ యిదమిత్థంగా మనకు తెలియదు.

U - 235 విచ్ఛేదనలో ఉత్పత్తి అయిన న్యూట్రానులు యితర U - 235 పరమాణువులచే బంధింపబడుటకు వీలుగా వాటి వేగమును ఎవరైనా తగ్గించగలరా? ఎవరికీ తెలియదు కాని, యిది సాధ్యం అవడానికి ఏమి చేయవలసి ఉన్నదీ, ఎంత వరకూ అవకాశం ఉన్నదీ అనే విషయాన్ని గురించి కొన్ని సూచనలు చేయబడ్డాయి. హీలియము, కర్బనము, బెరెలియము, గురూడజనివంటి తేలిక మూలపదార్థములు, న్యూట్రానులను సులభంగా పీల్చుకొనలేవు వాటిని వెనుకకు నెట్టివేస్తాయి. కాబట్టి గతి వేగం తగ్గుతుంది. మందగతి న్యూట్రానులను ఉత్పత్తి చేయుటకు ఫెర్మీ, పెగ్రామ్, డన్నింగ్ పండితులు ఉపయోగించిన మితకారులు (Moderators) యివే. విచ్ఛేదనవల్ల విడుదల అయ్యే వేగగతి న్యూట్రానుల వేగమును తగ్గించి, విచ్ఛేదన అనుక్రమం అవిరామంగా కొనసాగుటకుగాను న్యూట్రానులను తిరిగి U - 235 బంధించుటకు వీలుగా, యీ మితకారులలో ఒకదానిని యురేనియములో సమ్మిళితం చేయవచ్చునా?

ఇక రెండవ విషయం పరిశుద్ధత (Purity) కి సంబంధించినది. చాలా పదార్థాలు న్యూట్రానులను పట్టుకుంటాయి. కాని విచ్ఛేదన చెందవు. యురేనియంలో మకిలి ఏ మాత్రం ఉన్నా అది, విడుదలయైన న్యూట్రానులను పీల్చివేస్తుంది. కాబట్టి యురేనియం పరిశుద్ధమైనదై యుండాలి. న్యూట్రానుల వేగమును తగ్గించే మితకారులు (Moderators) కూడా పరిశుద్ధంగా ఉండాలి. మకిలి ఉన్నా అది, మిలియన్ లో 1 భాగంకన్నా అధికంగా ఉండకూడదు. యురేనియమునుగాని

మరి ఏయిలర మితకారులనుగాని యింత పరిశుభ్రత పరిచేం  
దుకు అవకాశం ఉన్నదా?

మూడవ విషయం: న్యూట్రాన్ తప్పించుకు పోవడానికి  
సంబంధించినది ఒక యురేనియం ముద్దను తీసుకుని దానిలోనికి  
ఒక మందగతి న్యూట్రానును పంపించండి. ఆ న్యూట్రాను  
వెళ్ళి U - 235 పరమాణువును ఢీ కొంటుంది. ఆ పరమా  
ణువు విచ్ఛిన్నమై, కొన్ని న్యూట్రానులను విడుదలచేస్తుంది.  
ఈ ముద్దగనక చిన్నదైతే, మిగతా U - 235 పరమాణువులచే  
పీల్చుకోబడే లోపలే యీ న్యూట్రా నులు, మ ద్ద ఉపరిభాగం  
ద్వారా గాలిలోనికి తప్పించుకొని పారిపోయే అవకాశం  
ఉన్నది. అవి ఒకసారి తప్పించుకున్నాయో యిక వాటి ఆచోక్షి  
చిక్కదు. న్యూట్రానులన్నీ యీవిధంగా తప్పించుకుని బయ  
కుటపోవటం ప్రారంభిస్తే అనుక్రమ విక్రియ స్తంభించిపోతుంది.

## 5. పరమాణుబాంబు అవధిపరిమాణం

(CRITICAL SIZE)

ఇక్కడ, అతివిచిత్రమైనదీ ముఖ్యమైనదీ అయిన విష  
యం ఒకటిఉన్నది. ఒక యురేనియంముక్కలో న్యూట్రానుల  
నష్టం ఉపరిభాగంద్వారా జరుగుతున్నది; న్యూట్రానులనుపట్టి  
బంధించవలసినది పదార్థముయొక్క ద్రవ్యరాసి అయివుండగా,  
నష్టం ఉపరిభాగంద్వారా కలుగుతోంది.

ఒక గోళముయొక్క పరిమాణము దాని వ్యాసము  
యొక్క ఘనము (Cube) నుబట్టి మారుతుంది, దానియొక్క  
ఉపరితలము వ్యాసార్ధవర్గము (Square) నుబట్టి మారుతుంది.

రేఖాగణిత పరిజ్ఞానమున్నవారికి యీవిషయము తెలిసినదే. కాబట్టి - యురేనియం ముద్దపరిమాణంలో వృద్ధియగు నప్పుడు ఉపరితలము, దాని పరిమాణం లేక ద్రవ్యరాసి వృద్ధియైనంత వేగంగా వృద్ధినిొందదు. ఇంకోవిధంగా చెప్పవలనంటే ముద్ద ఎంత పెద్దదైతే యూనిట్ ద్రవ్యరాసికీ అంత తక్కువ ఉపరిభాగాన్ని అందచేస్తుంది. నష్టం జరిగేది ఉపరిభాగంద్వారానూ, పట్టుకోబడేది ద్రవ్యరాసివల్లనూ అవటం వల్ల, విడుదలఅయ్యే న్యూట్రానులు ద్రవ్యరాసిలో నిలిచి విచ్ఛేదన కార్యకలాపమునకు U - 235 చే పట్టుకొనబడే అవకాశం, ముద్ద ఎంత పెద్దదిగాఉంటే అంత ఎక్కువగాఉంటుంది.

ఉపరిభాగంద్వారా న్యూట్రానులు తప్పించుకుని పోకుండా ద్రవ్యరాసిలోనే పట్టుబడి ఉండవలనంటే యీ ముద్ద ఎంత పెద్దదిగాఉండాలి? - అనేది ఒక ప్రశ్న. తప్పించుకొని పోకుండా సాధ్యమైనన్ని న్యూట్రానులను ద్రవ్యరాసిలోనే ఆకట్టి ఉంచగలిగినంత పరిమాణంలో యురేనియం ఉండాలి. దీనిని వదార్థ అవధిపరిమాణం (Critical Size) అని అంటారు. అవధిపరిమాణ ద్రవ్యరాసికన్నా యురేనియం ముక్క చిన్నదైతే అనుక్రమ విక్రియ కొనసాగడానికి వీలులేదు. దీనికన్న పెద్దదైతే, మిగతా కారణాంకములన్నీ సరియైతే అదే విధంగా జరుగుతుంది.

అవధిపరిమాణం అనగా ఏమిటి? అది యురేనియము లోగల న్యూట్రానులగతిపై ఆధారపడి ఉంటుంది. పట్టుబడే లోపున న్యూట్రాన్ ఎంత దూరం వెళ్ళగలదు? ఈ విషయం ఉజ్జాయింపుగా మాత్రమే తెలుసును, కాబట్టి అవధిపరిమాణ

ద్రవ్యరాసిని గురించి తెలిసినదిగూడా ఉజ్జాయింపు లెక్కయే. లభ్యమైన కొలతలు, U-235 అవధిపరిమాణం 2 మొదలు 200 పౌనుల మధ్య విలువ కలిగిఉండాలని నూచించినవి.

యురేనియా విచ్ఛేదనకు సంబంధించిన సమాచారములో చాలాభాగం, ఒక్క గ్రాముమలో వదిలక్షలవంతు ద్రవ్యశలకములు (Species of material) ఆధారంగా చేసుకొని కనుగొనబడింది. (28 గ్రాములు 1 బౌన్సు అని మీకు తెలుసును.) 2 మొదలు 200 పౌనుల భారము గలిగిన U-235 అవధి పరమాణుద్రవ్యరాసి అనేది అలవికాని విషయం. ఇంతవరకూ ఎవ్వరూకూడా కొద్దిపాటి యురేనియం కణములకన్నా అధికంగా చూచినవారులేరు. దీనిని పింగాణిలోహ పరిశ్రమలో నూత్రోతి నూత్రమైన కేంద్రీకరణములో వాడతారు.

పిచ్ బ్లెండ్ ఖనిజములో యురేనియం, నూటికి 40 మొదలు 50 పాళ్ళవరకూ ఉంటుంది. ఈ పిచ్ బ్లెండ్ జెనోస్లో వేకియా, కెనడా, బెల్జియమ్ కాంగోలలో లభ్యమౌతుంది. యురేనియమ్ పాలు స్వల్పంగా కలిగిన మరికొన్ని ఖనిజాలు గూడా ఉన్నవి. కాలరాడో పీటభూమి, యింకా ప్రపంచం లోని అనేక యితర ప్రాంతాలలోను యీ ఖనిజములు లభిస్తవి. 200 పౌనుల యురేనియం 235 కావలయునంటే ఎన్నో టన్నుల పిచ్ బ్లెండ్ వినియోగించి పరిశుద్ధ యురేనియం లోహమును ప్రవ్రథమంగా తయారుచేయాలి; ఆ తర్వాత యీ లోహంలో U-235 కన్నా 140 పాళ్ళ అధికంగా ఉండే, U-238 ఐసోటోపును వేరుచేయాలి. ఐసోటోపు మిశ్రమంతోనూ, న్యూట్రానుల వేగగతిని తగ్గించే మితకారితోనూ

పనిజరగవలెనంటే టన్నులకొలదీ పరిశుద్ధలోహం కావలసి ఉంటుంది

న్యూట్రానుల వేగమును తగ్గించేమితకారుల విషయంలో గూడా యిదేపరిస్థితికి లోనుగావలసిఉన్నది; సర్వసాధారణంగా బెరెలియం, బరువైనజలము, కర్బనము, మితకారులుగా ఉపయోగపడతాయి. అనుక్రమ విక్రయాకార్యకలాపము కొనసాగడానికి యీ మితకారులు టన్నులపరిమాణంలో కావలసిఉంటవి.

బెరెలియం అనేది సర్వసామాన్యమైనమూలపదార్థము. అమెరికాలో యీ బెరెలియంలోహము, ప్రతిసంవత్సరం కొన్నివందల పౌనులు ఉత్పత్తి అవుతోంది. ఇది పరిశుద్ధమైనది కాదు పరిశుద్ధమైన బెరెలియముతో అవసరం లేకపోవుటయే యిందుకు కారణము.

బరువైన జలముగూడా మామూలుగా లభించేదే. సాధారణ జలంలో 5000 భాగాలలో 1 భాగం బరువైన జలం వుంటుంది. అనేకపద్ధతులలో బరువైన జలమును తయారు చేయవచ్చును. నార్వేలో సంవత్సరమునకు కొన్నివందల క్వాంటల భారజలమును తయారుచేసే భారీపరిశ్రమాగారం ఉండేది. శాస్త్రప్రయోగ పరిశీలనలనిమిత్తం అమెరికాలో కొన్ని క్వాంటల భారజలమాత్రం తయారు చేయబడుతోంది.

కర్బనము అత్యుత్తమ మితకారి. ప్రతిసంవత్సరము గ్రాఫైట్‌రూపంలో కొన్నివందల టన్నులు ఉత్పత్తి చేయబడుతోంది. దీనిని ఆయా భాగాల రాపిడిని తొలగించే సాధనంగా ఉపయోగిస్తారు. అవసరమైనంతగా దీనిని పరిశుద్ధిచేయటం

లేదు. విస్తారంగా లభిస్తూ ఉండటంవల్ల బహుశః దీనిని పూర్తిగా పరిశుద్ధిచేసేందుకు అవకాశం కలుగవచ్చును. దీనియొక్క ఉపయోగమునుగురించి ఎంతోకాలంక్రిందటనే స్టిలార్డ్, ఫెర్మవండి తులు సూచించి యున్నారు.

అవధి పరిమాణమునకన్నా అధికంగా పరిశుద్ధ యురేనియం, తగినంతపరిశుద్ధ మితకాడిపదార్థములతో అనుక్రమవిక్రియ ప్రారంభించిందని ఊహించుదాము. పరిస్థితి అదుపు తప్పవచ్చును. అది ప్రేలిపోవచ్చును. ప్రేలకపోయినా, ఆ ప్రాంతమునంతా రేడియో తేజః ప్రసారముతోనూ, X-కిరణాలతోనూ సర్వనాశనం చేసివేస్తుంది. కొన్ని నెలలవరకు ఆ ప్రాంతం నివాసయోగ్యంకాదు. కాబట్టి న్యూట్రానులను పీల్చగల సమర్థవంతములైన పదార్థములకోసం వెతకాలి. ఈ పదార్థములు, న్యూట్రానులను పీల్చగల గాలిగాని తమంతటతాముగా ఏవిధమైన మార్పులూ చెందకూడదు. వీటిని ద్రవ్యరాసియందు యిమిడ్చి విక్రియా కార్యకలాపమును అదుపులో ఉంచవచ్చును. న్యూట్రానులను పీల్చగలిగిన పదార్థములు కొన్ని ఉన్నవి. ముఖ్యంగా కాడ్మియం అనే పదార్థాన్ని చెప్పకొనవచ్చును. పురాతనత్రయక (traid) పదార్థములైన కాడ్మియం, యశదము పాదరసములలోనిదే యిది. న్యూట్రానులను పీల్చగలిగిన మరికొన్ని పదార్థములు లభ్యం కావచ్చుననే ఆలోచన ఉన్నది. ఈ పదార్థములను పరీక్షించవలసిఉన్నది. అనుక్రమ విక్రియ ప్రారంభించడానికి పూర్వం జరుపవలసిన కర్మకాండ చాలా ఉన్నట్లుగా తోస్తుంది.

—

## VII

పరమాణు బాంబులను తయారు  
చేయవచ్చును.

### 1. రెండు బెలియన్ డాలర్ల జూదం.

1959 జనవరి మాసంలో మైటసర్ పండితుడు యురే నియం విచ్ఛేదనా విషయమును సూచించాడు. కొన్ని వారములలోపునే యీ విషయము పరిశీలింపబడి 'విచ్ఛేదన సంభవం' అని కనుగొనబడింది. మరెకొన్ని వారములలో - యీ విషయమును గురించి పూర్వతాత్వికుల అభిప్రాయములు లెక్కలు, స్టిలార్డ్, ఫెర్మీ మొదలైన పండితులచే కొలంబియా ముందు పరిశీలింపబడినవి. స్టిలార్డ్, యూటనీవిగ్నర్, ఎడ్వర్డ్ టెల్లర్, విక్టర్ F. వైన్ కామ్, ఫెర్మీ మొదలైన పండితులు, సైనికశాఖావరంగా యీ విషయమును గురించిన ప్రయోగ పరిశీలనలు జరుపుతే బాగుండునని తలపోయటం ప్రారంభించారు. వీరందరూ యూరోపియన్ తత్వవేత్తలే; యుద్ధవాతావరణమును ముందుగానే గ్రహించినవారు. నాజీ, ఫాసిస్ట్ దౌర్జన్యముల బానిసుండి తప్పించుకొని అమెరికాలో తల



దాచుకొన్నారు. అమెరికన్ తత్వవేత్తలు మాత్రం 1939 వసంతకాలం వరకూ సైనికశాఖాపరంగా యీ విషయంలో ప్రయోగ పరిశీలనలు జరుపవలెనని యోచించినవారుకారు.

బాహెర్ పండితుని సహాయంతో యీ తత్వవేత్తల గుంపు, పరమాణువిచ్ఛేదన విషయకమైన వివరములను ప్రచరించకుండా స్వయం ఆంక్ష విధించుకోవాలని ప్రయత్నం సల్పించారు. అమెరికన్ బ్రిటిష్ తత్వవేత్తలు యిందుకు అంగీకరించారు. అమెరికా తత్వవేత్తలందరూ స్వయం ఆంక్షకు అంగీకరించుటకు ముందుగా ప్రచురించిన ఒక కరపత్రం కారణంగా, జోలియట్ పీరితోపాటు చేతులు కలపడానికి నిరాకరించాడు. 1939 ముగియడానికి పూర్వం పరమాణు విచ్ఛేదనను గురించి ఎన్నో విషయాలు కుప్పకీర్ణలుగా బయటకు వచ్చివేసినవి. యదార్థానికి, స్వయంఆంక్ష (Voluntary censorship) అనేది 1940 ఏప్రిల్ నాటికి వరకు అమలులోనికి రాలేదు. స్వయం ఆంక్ష అనేది అతి విజయవంతంగా కొనసాగినది. ఆ తర్వాత పరమాణు విచ్ఛేదన సమాచారమును రహస్యంగా ఉంచే భారం సైనికశాఖ స్వీకరించినది.

అనుక్రమవిక్రయాసమస్యతో ముందుకు సాగవలెనంటే భారీఎత్తున పదార్థములు కావాలి. ఈ పదార్థములను సేకరించడానికి ఏ విశ్వవిద్యాలయ ప్రయోగశాలకూ సాధ్యంకాదు. సైనికశాఖ దృష్ట్యాగూడా యిది అతి ముఖ్యమైనదిగా భావించటంవల్ల శాస్త్రజ్ఞులు ప్రభుత్వ సహాయాన్ని అర్థించటంలో ఆశ్చర్యం ఏమీలేదు.

1939 లో పెగ్రామ్ పండితుడు, ఫెర్మీ పండితునితోనూ, నౌకాశాఖా ప్రతినిధులతోను కలిపి ఒక సమావేశాన్ని ఏర్పాటుచేశాడు. నౌకాశాఖావారు యీ విషయంలో ఎంతో ఆసక్తిని ప్రదర్శించారు: ఎప్పటి సమాచారాన్ని అప్పుడు అంద చేయవలసినదిగా కోరారు.

నౌకాశాఖవారి జాప్యమూ, పరమాణు విచ్ఛేదనలోని ఆశాభావమూ స్విలార్డ్ విగ్నెర్ పండితులను, ఐన్ స్టీన్ తో సంప్రతించుటకు పురికొల్పినవి. వారు యీ విషయాన్ని ప్రెసి డెంట్ రూజువెల్ట్ కి నివేదించాలని నిశ్చయించుకున్నారు. ఐన్ స్టీన్ ఉత్తరాన్ని, స్విలార్డ్ తయారుచేసిన నివేదికను చేతబుచ్చుకుని అలెగ్జాండర్ సచన్, ప్రెసిటింట్ ను సందర్శించాడు. ఆయన యీ సమస్యకు సంబంధించిన అన్ని విషయములనూ ప్రెసిడెంట్ రూజువెల్ట్ కి విశదీకరించి యిందుకు అవసరమైన ధనసహాయమును అర్పించాడు. అప్పుడు ప్రెసిడెంట్ ఒకపౌరుడు ఒకనౌకాశాఖాధికారి, ఒక సైనిక శాఖాధికారి గల సంఘమును ఒకదానిని ఏర్పాటుచేశాడు. పరమాణు విచ్ఛేదన కార్యకలాప సమస్యను పరిశీలించి తనకు సలహా యివ్వవలసిందిగా ఆ సంఘాన్ని కోరారు.

ఈ సంఘసభ్యులు అనేకసార్లు సమావేశమై సాక్ష్యాలు స్వీకరించారు. ఈ విషయాన్ని గురించి ప్రభుత్వానికి సలహా యిచ్చారు. చివరికి '940 ఫిబ్రవరి 20 న 6000 డాలర్లు, అత్యవసరపదార్థములను కొనుగోలుచేయటానికి, సైనిక నౌక శాఖల మూలధనంనుండి తీసి కొలంబియాకి బదిలీచేశారు.

ఈ సంఘం మరల్ 1940 ఏప్రిల్ 28 వ తేదీన సమావేశమై పరమాణువిచ్ఛేదన ప్రయోగ కార్యకలాపములు ఏవిధంగా పురోగమిస్తున్నదీ తెలుసుకున్నారు. ఈ సమయానికి, యురేనియమునకు గల మూడు ఐసోటోపులలోను U - 235 మాత్రమే విచ్ఛేదనకాగలదనీ, వేగగతిగల న్యూట్రానులకన్న మందగతి న్యూట్రానులే శక్తివంతములైనవనీ ప్రయోగపరిశీలనలవల్ల నిర్ధారణ అయింది. కొలంబియాలో గ్రాఫైట్ ను గురించి చేసిన ప్రయోగములవల్ల అది ఉత్తమ మితకారి (Moderator)గా తేలియవచ్చింది. అన్నింటికన్నా ముఖ్యవిషయం - జర్మనీలో కైజర్ విల్ హెల్మ్ ప్రయోగశాలలయందు యురేనియం ప్రయోగపరిశీలనలు జోరుగా సాగుతున్నట్లు వార్తలు వెలువడినవి. 1940 లో సమావేశమైన ఒక ప్రత్యేకసలహాసంఘం, అనుక్రమవిక్రియ (Chain reaction) ను ప్రయత్నించడానికి షుమారు 100,000 డాలర్ల యురేనియం, గ్రాఫైట్లు అవసరమనీ, ప్రాథమిక పరిశీలనలకు 40,000 డాలర్లు వెచ్చించవలసి ఉంటుందనీ సలహానిచ్చింది.

ఈ సలహా ననుసరించి తగినచర్యలు తీసుకొనడానికి పూర్వమే, మొట్టమొదట ఏర్పడిన పరమాణుశక్తి విచారణ సంఘం పనిచేయడం మానికేసింది. పొరులైన తత్వవేత్తలు, సైనిక శాఖకు షరస్వరం ఏవిధంగా తోడ్పడాలో నిర్ణయించవలసిన బాధ్యత, కొత్తగా రూపొందిన కేషనల్ డిఫెన్స్ రిసెర్చ్ కమిటీ (N. D. R. C.) మీదపడింది. దీనితోపాటు పనిచేయుటకు యురేనియం కమిటీ అనేది ఒకటి ఏర్పాటు అయింది. ఈ కమిటీకీ కొంత మూలధనం ఉన్నది. N. D. R. C. కి మిగతా

ప్రయోగ పరిశీలనశాలలకూ యిది అనుసంధాన సంస్థగా పనిచేయటం ప్రారంభించినది.

1940 నవంబరు 8వ తేదీన మొట్టమొదటి కాంట్రిబ్యూటర్ల సంతకం చేయబడింది. ఆ కాంట్రిబ్యూటర్ల కొలుబియూ విశ్వవిద్యాలయమునకు యివ్వబడింది. దాని గడువు 1940 నవంబరు 1వ తేదీనుంచి 1941 నవంబరు 1వ తేదీ వరకు ఇచ్చిన మొత్తం సొమ్ము 40,000 డాలర్లు. మిగతా కాంట్రిబ్యూటర్లుగూడా త్వరలోనే మంజూరు అయినవి. యూరేనియము ఐసోటోపులను కిరణపరాణ్ముఖ పద్ధతి (Centrifugation method) ద్వారా విడదీయటకుగాను యూరేనియం పండితులకి కూడా కాంట్రిబ్యూటర్ల యివ్వబడింది. ప్రకరణం చివరి భాగమునందు యీ పద్ధతిని గురించి విశదీకరింపబడినది. మిగతా కాంట్రిబ్యూటర్లు ప్రెస్నోటన్, కార్నెల్, చికాగో మొదలైన విశ్వవిద్యాలయములకూ, యితర పరిశోధనాశాలలకూ వెళ్ళినవి. 1941 నవంబరు నాటికి అటువంటి ప్రయోగాత్మక కేంద్రాలు పదహారు పని చేస్తూ ఉన్నవి. ఇందుకుగాను 300,000 డాలర్లు ఖర్చు అంచనా వేయబడినది.

ఆ తర్వాత జరిగిన పరిపాలనా చరిత్రను గురించి విపులంగా తెలియజేయటంలో అర్థం ఏమీ ఉండదు. అయితే, జరిగిన సంఘటనలను గురించి కొంత భోగట్టా తెలుసుకొని ఉండటం మంచిది. చాలాకాలం వరకూ సైనికశాఖకు యీ విషయంలో అంతగా ఆసక్తి కలుగలేదు; అయినా ప్రయోగ పరిశీలనలను ఒక కంటచూస్తూ కావలసిన ధనమును సరఫరా చేస్తూనే ఉన్నది. ఈ సమస్య పొరులైన తత్వవేత్తల చేతులలో

ఉన్నది. వీరిలో రెండు రకాలవారు ఉన్నారు. ఉత్సాహమూ  
 ధీశక్తి అధికంగాగల శాస్త్రజ్ఞులు ఒక రకం. వీరు ఆలస్యానికి  
 ఓర్పుకోలేరు, అవజయాలను ఎదుర్కోలేరు. ఇక రెండవరకం:  
 ఏ పరిస్థితిలోనూ వీరు అంతగా చలించరు, ఏదన్నా ఒక విష  
 యం సిద్ధాంతం అయితే దానినిబట్టి రెండవ విషయానికి ఒక  
 క్రమపద్ధతిలో వెడతారు. ప్రయోగ పరిశీలనల నిమిత్తం ధనం  
 అధికంగా వెచ్చించబడుతున్నదనీ, లభించబోయే ఫలితాలు  
 సహస్రలక్షలంగా ఉంటాయేమోననీ వీరి ఆదుర్దా. N D R C  
 మొదటి రోజుల్లో యురేనియం ప్రయోగమునకు వెచ్చించిన  
 దానికన్నా మిగతా పరిశీలనలకు అధికధనం కేటాయింప  
 బడింది. మిగతా పరిశీలనల ఫలితాలు ఉపయోగంలోనికి  
 రావటం, పరమాణుబాంబు అనల్పకాలంలో సాధ్యంకానట్లు  
 కనబడటం, దీనికి ఫలితాలు.

ఈ మార్గంలోనే బ్రిటిష్ వారుగూడా నడుస్తూఉన్నారు.  
 U - 235 బాంబుకు నిర్మించటం సాధ్యం అవుతుందనే దృఢ  
 నమ్మకంతో చాడ్ విల్ పండితుడు ఉన్నాడు. ఇదివరలో నేను  
 వర్ణించిఉన్న నియాన్ - 20 నియాన్ - 22 పిభజనా సూత్రము  
 ననుసరించి U - 238 నుంచి U - 235 ను వేరుచేయడానికి  
 బ్రిటిష్ తత్వవేత్తలంతా తమ కృషిని కేంద్రీకరింపజేశారు.  
 అంతేగాకుండా కాక్రెక్రాఫ్ట్ పండితుడు ప్లాటోనియమ్ ని ఉప  
 యోగించడానికి సూచనచేశాడు; కాని లభ్యమయ్యే మానవ  
 శక్తి పరిమితమై ఉండటం కారణంగా బ్రిటిష్ వారు దీనిని ఉప  
 యోగించలేదు. మామూలు యురేనియముతో అనుక్రమ  
 విక్రియ (Chain Reaction) కొనసాగడానికిగాను, U - 235

విచ్ఛేదనమైనప్పుడు విడుదలయ్యే న్యూట్రానుల వేగమును తగ్గించడానికి మితకారులను ఉపయోగించవలెనని బ్రిటిష్ వారు నిశ్చయించే ఉన్నారు. భారజలము (Heavy Water) ను మితకారిగా ఉపయోగించడానికి నిర్ణయమైనది.

1940, 1941 సంవత్సరముల మధ్యకాలంలో బ్రిటిష్ అమెరికన్ పరమాణుశత్రవేత్తలు తమ ప్రయోగపరిశీలనల సమాచారమును పరస్పరం అందజేసుకున్నారు. పరమాణు బాంబు ఉత్పత్తి విషయంలో అధికార NDRG సలహాదారుల కన్నా, బ్రిటిష్ శత్రవేత్తలు ఎంతో ఆశా జనకంగా ఉన్నారు. వారు అమెరికన్ శత్రవేత్తలకు ఉత్సాహాన్ని కల్పించారు.

బ్రిటిష్ యురేనియం పరిశోధనా కార్యక్రమాన్ని స్వయంగా చూచుటకుగాను 1941 తుది భాగంలో యురే, పెగ్రామ్ పండితులు ప్రయాణమై వెళ్ళారు. పెగ్రామ్ యురే పండితులు ఎంతో సమాచారమును కూడకట్టుకుని వచ్చారు. వచ్చిన తోటే ఒక నివేదికను తయారుచేశారు. దీనిలో పరమాణుశక్తి కార్యకలాపములను విస్తృత పరచవలసిన ఆవశ్యకతను గురించి నొక్కి వక్కాణించారు.

సమాచారముయొక్క ముఖ్యోపములు ప్రెసిడెంట్ రూజ్ వెల్ట్, వైస్ ప్రెసిడెంట్ వాలెన్ లకు తెలుపబడినవి. దీని ఫలితంగా పెర్ల హార్బర్ సంఘటనకు పూర్వం 1941 డిసెంబరు నందు, యురేనియం కార్యక్రమాన్ని విస్తృతపరచవలెననీ, ప్రత్యేక నిధులనుంచి కావలసిన ధనాన్ని అందజేయవలెననీ, బ్రిటిష్ వారితో సన్నిహితంగా పనిచేయవలెననీ నిర్ణయించ బడి

నది. యురేనియం కార్యక్రమ అభివృద్ధి నూచనతో 1941 న సంవత్సరం ముగిసినది.

మానసిక పరిస్థితిలో మార్పుఅనేది అతి ముఖ్యమైన విషయము. పరమాణుబాంబు సాధ్యం అవుతుందనే విషయాన్ని 1940 లో సహితం స్టిలార్డ్, ఫెర్మివిగ్నెర్ పండితులకి నచ్చ చెప్పవలసిన పనిలేదు. కాని చాలామంది యీ విషయంలో యింకా అనుమానంతోనే ఉన్నారు. 1941 అంతమునకల్లా పరమాణువిచ్ఛేదన సాధ్యం అవుతుందనే విషయం విశేషంగా ప్రచారంలోకి వచ్చేసింది. పరిపాలనా దక్షతకల్గిన అనేకమంది శాస్త్రజ్ఞులు దీనికి సన్నిహితులయ్యారు. యుద్ధానికి దానికి గల సంబంధమునుగూడా వారు అర్థం చేసుకున్నారు. యురేనియం కార్యక్రమాన్ని తీవ్రతరం చేయవలెనని వారు నిశ్చయించారు.

## 2. యురేనియం విచ్ఛేదన తనంతట తాను

కొనసాగగలదా ?

1940, 1941 సంవత్సరములలో అవసరమైనంత పదార్థమును సంపాదించి పరిశుభ్రపరచిఉంచారు. దీనితో అనుక్రమ విక్రియకు సాధ్యమాతుందేమో పరీక్షించి చూడవలె ననుకున్నారు. ఈ కార్యక్రమానికి కొలంబియావిశ్వవిద్యాలయంవద్ద పెగ్రామ్ పండితుడు ఆధిపత్యం వహించాడు. ఫెర్మిస్టిలార్డ్లు ముఖ్యకార్యకర్తలయినారు 1941 ప్రారంభంలో కొద్దిమాసాలలోనే గ్రాఫైట్ రూపంలో తగినంత పరిశుద్ధకర్చనమును

సంపాదించారు. దీనితో 3/318 అడుగుల సంభాకృతిని తయారుచేయవలసి ఉన్నది. ఈ స్థూణిక (Pile) క్రింద న్యూట్రాన్ ఉత్పత్తిపదార్థమును, లోపలవైపున వేర్వేరుస్థానములలో కొలతపరికరములను ఏర్పాటుచేయటాద్వారా, కర్బనములో న్యూట్రానులు ప్రయాణించునప్పుడు వాటి లక్షణాలు ఎట్లా ఉంటాయో గ్రహించడానికి వీలవుతుంది.

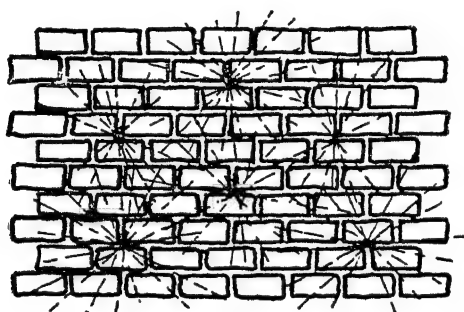
దీనికి ఫలితంగా, ఒక నూతన విధానం రూపొందింది. దీనినే అల్లికకట్టడపు స్థూణిక (lattice pile) అని అంటారు. అల్లిక కట్టడపుస్థూణిక అంటే మధ్యమధ్య జాగావదిలి దొంతిగా అమర్చిన గ్రాఫైట్ యిటుకలకట్టడం అన్నమాట. మామూలు యురేనియంలోహాపు ముక్కలను చిన్నచిన్ననాటిని ఈ దొంతియందు ఒక క్రమపద్ధతిననుసరించి అమరుస్తారు. మితకారియైన గ్రాఫైట్ నూ, న్యూట్రానులను ఉత్పత్తిచేయు యురేనియమునూ, నూత్నంగా వేరుపరుస్తూ మధ్యన గ్రాఫైట్ ఉండటంలో ప్రత్యేకలాభం ఉన్నది. U-235 విచ్ఛేదనతో విడుదల అయ్యే వేగగతి న్యూట్రానులు, యురేనియము ముక్కనుంచి సులభంగా విడిచిపోగలవు. కాని మరో యురేనియం ముక్కను చేరడానికి పూర్వం యివి గ్రాఫైట్ కర్బనము మధ్యనుంచి వెళ్ళవలసిఉన్నది. అట్లా వెళ్ళటంవల్ల వాటి వేగము తగ్గి U-235 పరమాణువులచే పీల్చివేయబడతాయి. దానితో విచ్ఛేదన కొనసాగుతుంది. ఈ అభిప్రాయమే 19 వ చిత్రములో రూపొందించబడినది.

19.1 జులై నాటికి గ్రాఫైట్ - యురేనియం స్థూణిక ఘనపరిమాణం 8/8/3 అడుగులకు పెరిగింది. దీనిలో 7 టన్నుల



పరిశుద్ధ యురేనియం జేరింది. కొలంబియాలోని స్కెర్ యెర్ హార్న్ హాలులో యీ సూణికను ఏర్పాటుచేశారు. అడుగుభాగంలో న్యూట్రానుల ఉత్పత్తిసావరంగా రేడియం - బెరెలియం మిశ్రమాన్ని ఉంచారు.

గుణకార కారణాంకము (Multiplication factor) ను నిర్ణయించటమే యీ సూణికయొక్క ఉద్దేశ్యము. అనుక్రమ విక్రయం సాధ్యంకావడానికి అనేక పరిస్థితులు సానుకూల్యం



19 వ పటము

కావలయుననే విషయం మీకు జ్ఞాపకం ఉండే ఉంటుంది. ఈ పరిస్థితులన్నీ సానుకూల్యమైతే, U-235 లో విచ్ఛేదనమయ్యే ప్రతి పరమాణువునుంచీ ఒక్కొక్క న్యూట్రాను చొప్పున విడుదలఅయి, U-235 లోని మిగతా అణువులచే పీల్చబడి దానిని విచ్ఛేదనమయ్యేటట్లు చేస్తాయి. ఈ విధంగా విచ్ఛేదన కార్యక్రమం అవిరామంగా కొనసాగుతుంది.

బయటనుంచి ఒక్కొక్క న్యూట్రానును గ్రహించిన 100 U-235 పరమాణువులతో మన పరిశీలన ప్రారంభించు

దాము. కారణాంకములన్నీ సరిగా బేలన్స్ అయిన కారణం చేత, 100 U-235 పరమాణువులూ విచ్ఛిన్నమై విడుదల చేసిన మందగతి న్యూట్రానులు, మరి 100 U-235 పరమాణువులచే పీల్చబడి, అవి విచ్ఛిన్నమౌతాయి. మళ్ళీ 100 న్యూట్రానులు ఉత్పత్తి అవుతాయి - యీవిధంగా సాగిపోతుంది. ఇట్లా గనక అయితే, గుణకార కారణాంకము 1.00 అవుతుంది; అనుక్రమ విక్రియ దానంతట అది కొనసాగుతుంది. కారణాంకముల క్రమంలో బేధంవల్ల 100 పరమాణువులనుంచి 105 న్యూట్రానులు బయటపడి U-235 పరమాణువులను చేర్చితే, 105 అణువులు విచ్ఛేదనచెందుతాయి. గుణకార కారణాంకము 1.05 అవుతుంది. విక్రియ వేగంలో క్రమంగా వృద్ధికలుగుతుంది. మామూలు 100 పరమాణువులనుంచి విడుదల అయిన న్యూట్రానులలో U-235, 95 న్యూట్రానులను మాత్రమే బంధించగలిగితే, విచ్ఛేదనమైన 95 పరమాణువులనుంచి 95 న్యూట్రానుల ఉత్పత్తి అవుతాయి. విక్రియ తనంతటతాను కొనసాగలేదు. దాని గుణకార కారణాంకము 0.95 అవుతుంది. విక్రియ త్వరలోనే నిలిచిపోతుంది.

1941 సెప్టెంబర్ నాటికి స్థానిక - పరీక్షలకు అవసరమైనంత పరిమాణం వరకు పెరిగింది. గుణకార కారణాంకము 0.87 అని ఫెర్మీ పండితుడు తెలియజేశాడు. అనుక్రమ విక్రయ నిరాశూటముగా కొనసాగటానికి, యీ స్థానిక పరిస్థితులు బిచ్చపు, 1 కన్నా విలువ తక్కువ అయినా 1కి ఎంతో దూరంగాలేదు. అల్లిక కట్టడమునందు పదార్థముల

క్రమమును మార్చటం, స్థూణిక పరిమాణం పెంచడం, వివిధ భాగముల శుభ్రతను అభివృద్ధిపరచటంద్వారా యీ విలువను పెంచవచ్చునని ఫెర్మీ పండితునికి నమ్మకం చిక్కింది. విలువను పెంచటంవల్ల అది 100 కన్నా అధికం అయేందుకు ఎప్పటి కైనా అవకాశం ఉన్నదా? ఎవరికీ యిదమిథ్యంగా తెలియదు. ఇది అతిముఖ్యమైన ప్రశ్నగా మిగిలిపోయింది ఒక సంవత్సరం గడిస్తేగాని యీ ప్రశ్నకు సమాధానం లభ్యంకాలేదు.

### 3. బాంబులకోసం కొత్తగా సృష్టింపబడిన

#### పరమాణువులు

ఈ కార్యకలాపం కొలంబియూయందు జరుగుతూ ఉండగా, యురేనియంయొక్క యితర లక్షణాలను తెలుసు కొనడానికి మిగతా విశ్వవిద్యాలయములందు కృషి కొన సాగుతూ ఉన్నది. E. O. లారెన్స్ నాయకత్వంక్రింద E. సెగ్రే పండితుడు తన సహచరులతోబాటు కాలిఫోర్నియా విశ్వవిద్యాలయములో జరిపిన పరిశీలనలు చాలా ప్రాముఖ్యముకలిగినవి. వేగగతి న్యూట్రానులను U-235 పట్టి బంధించినప్పుడు ఏమి సంభవిస్తుందో వీరు పరిశీలించారు. సిద్ధాంతముద్వారా ఏమి జరుగవచ్చునో మనకు తెలుసును. U-235, ఒక న్యూట్రానును పీల్చి ఒక ఎలక్ట్రానును విడుదల చేస్తుంది. కొత్తగా  ${}_{93}\text{Np}^{239}$ ; నెప్ట్యూనియం అనే మూలపదార్థం ఏర్పడుతుంది- అనిగదా సిద్ధాంతం. ఇది ఎంతవరకూ నిజం? ఈ నూతన పదార్థము మరొక ఎలక్ట్రానును విడుదలచేసి ప్లూటోనియం  ${}_{94}\text{Pu}^{239}$  అనే వేరొక మూలపదార్థంగా ఏర్పడటం నిజ

నేనా? U - 235 వలెనే ప్లాటోనియంగూడా విచ్ఛేదనచేందు  
తుందా ?

రెండువిషయాలను గనక మనం జ్ఞాపకం చేసుకుంటే,  
యీవిశ్రయమొక్క ప్రాధాన్యత బోధపడుతుంది. మొదటిది:  
ప్రతిభుభ్రమైన మామూలు యురేనియమునందు U - 238  
నూటికి 99.3 పాళ్ళు ఉంటుంది. U - 235 ని పోలిన విచ్ఛేదన  
పదార్థంగా U - 235 మార్చగలిగితే, 140 పాళ్ళు అధికంగా  
యిది లభ్యం అవటంవల్ల అనేక లాభాలు ఉన్నాయి. రెండవ  
విషయం: ప్లాటోనియంఅనేది యురేనియముకన్నా రసాయ  
నికంగా తారతమ్యం కలిగి, వేరేజాతికి చెందిన మూలపదార్థం.  
ప్లాటోనియం చూపొందినతిర్వాత, మార్పుచెందని యురే  
నియం నుంచి, సామాన్య రసాయనవిధానములచే దీనిని వేరు  
చేయవచ్చును.

1941 ముగియకపూర్వమే, కాలిఫోర్నియా పండితులు  
ఒకవిషయం నిర్ధారణగా తెలుసుకున్నారు : U - 238 ఒక  
న్యూట్రానును పట్టుకోవడంద్వారా నెప్టూనియంగా మారి,  
ఆ తర్వాత ప్లాటోనియంగా చూపొందుతుంది U - 235 వలెనే  
ప్లాటోనియం మండగతి న్యూట్రానులను పీల్చుకుని విచ్ఛేదనం  
చేందుతుంది. గ్రాములో ఒక మిలియనవ వంతు యురేని  
యంతో యీ విషయం నిర్ధారణచేయటం జరిగింది.

పది సంవత్సరముల అనంతరం యీ పరిశోధనా కార్య  
క్రమ నాయకులు, పదార్థ తత్వవేత్త ఎడ్విన్ మట్టిసన్  
మాక్మిలన్, రసాయనతత్వవేత్త గ్లెన్ సీబార్డ్లు, శాస్త్రరంగం  
గంలో సాధించిన విజయాలకు నోబెల్ బహుమతిని పొందారు.

ఈ లోపున సీబోర్గ్ పండితుడు, ఆయన అనుచరులూ కఠిన పరిశోధనా కార్యకలాపమును అవిరామంగా కొనసాగించి కృత్రిమ మూలపదార్థములు 95 (అమెరికమ్), 96 (క్యూయం), 97 (కాలిఫోర్నియం), 98 (బెర్కెలియం) నిర్మించారు. కొద్ది సంవత్సరములకు పూర్వం, విచ్ఛేదనా విషయమున కనుగొన్న ఆటోహాహన్ పండితునికి నోబెల్ బహుమాన యివ్వబడింది.

ప్లూటోనియం రూపొందటం, దానికి విచ్ఛేదనాశ కలిగిఉండటం - ప్రయోగ పరిశీలనలవల్ల ఋజువు అవటం సారధ్య యురేనియంసంఘానికి రెండుమార్గాలు తొక్కవలసి అవసరం ఏర్పడింది. U - 238 నుంచి U - 235 ని వేరుచేసి బాంబు నిర్మాణం కొరకు తగినంత పరిమాణంలో తయారుచేయటం మొదటిది. ఇక రెండవది - U - 238 నుంచి ప్లూటోనియం తయారుచేసి, బాంబునిర్మాణంకోసం తగినంత పరిమాణంలో సేకరించటం.

సాధారణ పరిస్థితులలోగనక అయితే యీ రెండు మార్గాలలో ఏది ఉత్తమమో ఆలోచించే ఏదో ఒక మార్గాన్ని అనుసరించేవారు. కాని యుద్ధకారణంగా అసాధారణ పరిస్థితులు ఏర్పడిఉన్నందున రెండుమార్గాలను అన్వేషించి వృద్ధిపరచవలసివచ్చినది.

తర్వాత నాలుగు సంవత్సరములవరకూ పరిస్థితులు అసాధారణంగానే ఉన్నవి. దేనివల్ల ఫలితం ఉంటుందనితో దానిని అభివృద్ధిపరచడం జరిగింది.

స్పృత (Gaseous diffusion) పద్ధతి అని అంటారు. ఈ పద్ధతి ఆధారంతోనే ఏస్ఎస్ పండితుడు నియాన్ - 20, నియాన్ - 22 వేరుచేయడానికి ప్రయత్నించాడు. ఈ పద్ధతి చాలపరకు విజయ సంతమైనది. ఆ తర్వాత కాలంలో, దీని ఆధారంతోనే ఆకు పచ్చని హలినవాయువు ఐసోటోపులను వేరుచేయడానికి ఉపయోగించారు.

మొదటిమెట్టు : యురేనియమును ఒక సంయోగద్రవ్యంగా అనగా వాయుపదార్థంగా మార్చవలయును. ఇది చాలా సులభం, యురేనియం ఫ్లోరినుల సంయోగ పదార్థము మొదటి వాయువే. ఈ వాయువు యురేనియం హెక్సాఫ్లోరైడ్. దానిని ఆ పేరుతోనే వ్యవహరిస్తారు. యురేనియం హెక్సాఫ్లోరైడ్. దానిని ఆ పేరుతోనే వ్యవహరిస్తారు. యురేనియం పేరును రహస్యంగా దాచవలయుననే ఉద్దేశ్యంతో బ్రిటిష్ వారు దానిని నాళికామిశ్రలోహం (Tube Alloy) అని పిలిచేవారు. ఈ కారణంవల్ల ఆ కాలంలో వాయువు 'నాళికా మిశ్రలోహ హెక్సాఫ్లోరైడ్'గా వ్యవహరింబడింది. ఒక ఫలకము నుండి సూక్ష్మరంధ్రములద్వారా యీ వాయువును గనక రేని సే యీ వాయువు అణువులందలి తేలిక U-235 ఎసో టోపు, బరువైన U-238 ఐసోటోపునకన్నా వేగంగా ముందుకు వెడుతుంది. ఫలకమును దూసుకు వెళ్ళిన వాయువులో U-238 కన్నా U-235 స్వల్పంగా అధికంగా ఉంటుంది. దీనిని యింకా అధికం చేయవలెనంటే, ఒకదాని తర్వాత ఒకటిగా అనేక ఫలకములలోనుంచి పోనివ్వాలి. చివరికి మిగిలే వాయువునందు అధిక ప్రమాణంలో U-235 ఉంటుంది.

ఒక రోజులో 2 పౌనుల U - 235 ని సంపాదించుటకు యీ వాయువు ఒకదానితర్వాత ఒకటిగా 5000 ఫలకాలను దూసుకుని వెళ్ళవలసిఉన్నట్లు ప్రయోగపరిశీలనలవల్ల నిర్ధారణ అయినది. ఏ ఫలకాలద్వారా వాయువు పంప్ చేయబడు తుందో వాటి వైశాల్యము కొన్ని ఎకరములమేర ఉండాలి. మొట్టమొదట వేసిన అంచనాలను బట్టి ఈపనికి ఉద్దేశించిన కర్మాగార నిర్మాణానికి 20 మిలియన్ల డాలర్లకన్నా అధికంగా వెచ్చించవలసి ఉంటుందని తేలింది.

వాషింగ్టన్ లో 'బ్యూరో ఆఫ్ స్టాండర్డ్స్' నందు నాలుగవ విధానాన్ని పరీక్షించి చూచారు. విస్తృత విధానము (diffusion Method) ను కొన్నిమార్పులుచేసి నావికా పరిశోధన ప్రయోగశాలయందు పని ప్రారంభించారు, మొదట్లో కొంత ఆశాజనకంగానే కన్పడింది. ఒక తాత్కాలిక కర్మాగారమును గూడా నిర్మించారు. కాని ఆ తర్వాత వదిలివేశారు. ఎన్నిపద్ధతులలో ప్రయోగపరిశీలనలు జరిగినవో తెలియజేయడానికే యీ విషయాలన్నీ వ్రాసుకువచ్చాను.

#### 4. ధనం ప్రవహించటం ప్రారంభించింది

మనం 1941 తుదిభాగంలో ఉన్నాము. కొలంబియాలో అల్లికకట్టడపు స్థానిక (lattice pile) ఆధారంతో గుణకార కారణాంకము (Multiplication factor) 0.87 గా ఫెర్మివండితుడు కనిపెట్టాడు.

కాలిఫోర్నియాలో ఫుల్టోనియరయొక్క ధర్మములు రసాయనికంగా పరిశీలించబడి నిర్ధారణ అయినవి. సామాన్య

యురేనియం గ్రాఫైట్‌లతో నిర్మించిన అల్లికకట్టడపు స్థూణిక  
యందు, U-235 తో అనుక్రమవిక్రియ (Chain reaction) ను  
నెలగొల్పితే. విడుదల అయ్యే న్యూట్రానులలో అధికంగా  
ఉండేవానితో U-238, ప్లూటోనియం 239 గా మారునట్లు  
చేయవచ్చును. ఈవిధంగా స్థూణిక తన స్వయంశక్తితో  
ప్లూటోనియమును తయారుచేస్తుంది. U-235 ని వేరుచేయ  
డానికి అధనా మూడు విధానములైనా పరిశీలించబడినవి.  
కొద్ది పరిమాణాలను తీసుకుని ప్రయోగపరిశీలనలు జరిపారు.  
వీటి ఫలితాలు ఆధారంచేసుకొని భారీఎత్తున నిర్మాణ కార్య  
కలాపములు జరపడానికి ఎంతధనం వెచ్చించవలసిఉంటుందో  
ఉజ్జాయింపుగా అంచనాలు వేశారు.

ఈ సమయంలోనే ఇంగ్లండ్‌నుంచి యురే, పెగ్రామ్  
పండితులు తిరిగివచ్చి, యురేనియం పరిశీలనా కార్యకలాప  
మును తీవ్రతరం చేయవలసిన ఆవశ్యకతను గురించి నొక్క  
వక్కాణించారు. జర్మనులు డెన్మార్కు-మీద విరుచుకుపడ్డారు.  
నార్వేను జయించారు. హాలెండ్, బెల్జియములు పాదాక్రాం  
తం అయిపోయాయి, ఫ్రాన్స్ ఓడిపోయింది.

నార్వేలో భారీఎత్తున గురుజలము (Heavy Water) ను  
ఉత్పత్తిచేసే పెద్ద కర్మాగారమును జర్మనులు వెంటనే స్వాధీన  
పరచుకున్నారు. అనుక్రమ విక్రియలో ఉత్పత్తి అయ్యే  
న్యూట్రానుల వేగమును తగ్గించడానికి ఉపయోగించే మితకా  
రిగాగాక యీ భారజలమువల్ల జర్మనులకు వేరే ఉపయోగం  
ఏమి ఉంటుంది? న్యూట్రానుల వేగమును తగ్గించడానికి భార  
జలమును మితకారిగా ఉపయోగించ వచ్చునని మనం యిది



వరకే తెలుసుకున్నాము. కాని భారజలమునకు బదులు గ్రాఫైట్ సులభంగా లభ్యమాటవల్ల మితకారిగా ఉపయోగింపబడుతున్నది. అయితే, అవసరమైతే ఉపయోగపడుతుందనే ఉద్దేశ్యంతో యురే పండితుడు భారజలమును ఉత్పత్తి చేస్తూనేవచ్చాడు. బ్రిటిష్ వారు, వాని అనుసరించి ఫ్రెంచి వారు, భారజలమును మితకారిగా ఉపయోగించడానికి నిశ్చయించారు. ఫ్రాన్స్ లో నెమ్మది నెమ్మదిగా ప్రోగ్రెస్సింగ్ ఉంచిన భారజలమును, జోలియట్ పండితుడు తాను పారిస్ ను వదలుటకు పూర్వమే ఇంగ్లండ్ నకు పంపివేశాడు.

ముమ్మరంగా జరుగుతూన్న యుద్ధ కార్యకలాపముల యందు విజ్ఞానశాస్త్ర సహాయం అత్యవసరం అయింది. నేషనల్ డిఫెన్స్ రీసెర్చ్ కమిటీ (N. D. R. C.) విస్తృతమై, ఆఫీస్ ఆఫ్ సైన్టిఫిక్ రీసెర్చ్ అండ్ డెవలప్ మెంట్ (O. S. R. D.) గా రూపొందినది. దీనికి వానెవరబుష్ అధిపతి. దీనిలో రెండు భాగాలూ, అనేక శాఖలూ ఉన్నవి. ఇవి తత్వవేత్తలచే నిర్వహింపబడే పారసంఘాలు. వీరు ఆ యా సమస్యలను పరిశీలించి, కాంట్రాక్టులరూపంలో విశ్వవిద్యాలయములకు, పరిశోధనా సంస్థలకూ అవసరమైన సామును కేటాయిస్తారు.

1941 నవంబరులో NDRC యొక్క యురేనియం శాఖ, OSRD ప్రధమ శ్రేణి శాఖ: S-1 అయినది. 1941 డిసెంబరులో పరమాణు విచ్ఛేదన విషయంలో తీవ్రమైన కృషి సల్పవలయునని నిశ్చయింపబడినది. ఈ శాఖను తత్వవేత్తల ప్రణాళికా శాఖగా మార్చారు. కార్యకలాపములను సమర్థవంతంగా నిర్వహించడానికి, ముగ్గురు అధికారులను నియమించారు.

బుష్, ఒక ప్రత్యేక ప్రణాళికాసంఘాన్ని నియమించాడు. ఈ కార్యకలాపమునకు సంబంధించిన సాంకేతిక యింజనీరింగ్ విషయములకూ, పదార్థసేకరణకూ, నమూనా యంత్రముల నిర్మాణమునకూ భారీ ఎత్తున ఉత్పత్తి చేయుటకు అవసరమైన యంత్రస్థావనకూ, అన్నింటికీ యీ సంఘానిదే బాధ్యత.

సహజంగా రాజకీయములయందు విజ్ఞానవేత్తలకూ ఇంజనీర్లకూ అంతగా ఆసక్తి ఉండదు. రాజ్యాంగ సంబంధమైన నిర్ణయములు చేయుటకు శిఖరాగ్ర నిర్ణాయకసమితి (Top policy group) ఒకటి ఏర్పడింది. ఈసమితిలో ప్రెసిడెంట్ రూజువెల్ట్, వైస్ ప్రెసిడెంట్ H. A. నాలెన్ యుద్ధకార్యదర్శి H. L. స్టిమ్సన్, చీఫ్ ఆఫ్ స్టాఫ్ G. E. C. మార్షల్ O S R D డైరెక్టర్ V. బుష్, N D R C డైరెక్టర్ J. B. కోనెప్ట్ సభ్యులు. 1941 డిసెంబరులో జరిగిన శిఖరాగ్ర నిర్ణాయక సమిதியందు— ఇంజనీరింగ్ పథకాలను రూపొందించుట, తాత్కాలిక కర్మాగారములను నిర్మించుట, ప్రయోగపరిశీలనలను కొనసాగించుటకు O S R D బాధ్యత వహించి, కార్యకలాపములను చక్కచక్కా శరవేగంతో నడిపించునటుల నిర్ణయించబడినది ఈ కార్యక్రమానికి ఘనమారు 5 మిలియన్ల డాలర్లు ఖర్చుచేయవలసిఉంటుందని బుష్ అంచనా వేశాడు. నిర్మాణ కార్యక్రమం భారీఎత్తున ప్రారంభంకాగానే సైనికశాఖ యీ కార్యభారం వహించవలెనని, దీనికి సంబంధించిన సమస్యలను త్వరలోనే ఘట్టంగా తెలుసుకొనగలిగిన సమర్థుడైన ఒక సైనికాధికారిని నియమించడం మంచిదనీ బుష్ సూచించాడు.

అనుకున్న ప్రకారం కార్యకలాపం పురోగమించటం ప్రారంభించింది. ముగ్గురు కార్యకర్తలు: కాలిఫోర్నియా వాసి E. O. లారెన్స్, చికాగోవాసి A. H. కామ్టన్, కొలంబియా వాసి H. C. యురేపండితులు మొదట అనుకున్న ప్రకారం కార్యక్రమాన్ని చురుకుగా కొనసాగించారు. కొద్దిపాటి పరిపాలనా సంబంధమైన మార్పులు తప్ప మిగతా, శాస్త్రసంబంధమైన, యింజనీరింగ్ సంబంధమైన నిర్మాణ కార్యకలాపములు O S R D అజమాయిషీలో శీఘ్రగతిని జరిగినవి. 1943 ప్రారంభంలో యీ కార్యభారమును మాన్ హట్టన్ జిల్లా స్వీకరించింది.

1942 ఆగష్టు నాటికి భారీ ఎత్తున ఉత్పత్తి సమస్య తలపైకి ఎత్తింది. బుష్ యొక్క సలహాను అనుసరించి ఉత్పత్తి కార్యభారం ఇంజనీర్ల తోనూ, సైనిక శాఖ ప్రతినిధులతోనూ ఏర్పాటుచేసిన ఒక నూతన సంఘానికి అప్పజెప్పారు. దీనిని D S M (Development of Substitute Materials) అని పేరు. అధికార భాషలో Manhattan District of Engineers అనీ, సర్వసామాన్యంగా Manhattan Project అనీ దీనికి పేరు వచ్చింది. దీనిని ప్రప్రథమంగా కల్నల్ J. C. మార్షల్ అనే ఆయన నెలకొల్పాడు. 1942 సెప్టెంబర్ లో మేజర్ జనరల్ L. R. గ్రోవ్స్ నిర్వహణ బాధ్యత స్వీకరించాడు. ఆ తర్వాత యీ సంఘం, శాస్త్రప్రశోధనలు, అభివృద్ధి కార్యక్రమాలకు అజమాయిషీ వహించింది. 1947 లో ఈ కార్యభారాన్ని పౌర పరమాణుశక్తి విచారణా సంఘం స్వీకరించింది.

## 6. యురేనియం విచ్ఛేదన తనంతటతాను

కొనసాగుతూంది

ప్రయోగ పరిశీలనలు ఎంతో చురుకుగా కొనసాగినా, అత్యంతవేగంగా సాధించితీరాలని తీవ్రమైనకృషి జరిగినా, 1942 జనవరివరకూ ఏమీ సాధింపబడలేదు. అనుక్రమ విక్రియ (Chain reaction) ప్రారంభంకాలేదు. దీనిని సాధించడానికి తగినంత సమయము, అనుగుణ్యమైన పరికరాలూ కావాలి. వీటితో తగిన ప్రమాణాలకు పదార్థములను పరిశుభ్రపర్చాలి. నూణికను సమర్థవంతమైనదిగా చేయుటకు, ఏ పద్ధతిలో నిర్మించాలో పరిశీలించాలి. కార్యక్రమంలోని మిగతావిషయాలవల్ల జరిపే కృషిగూడా, అవధిపరిమాణమునకు సరిపడినంత పదార్థము ప్రోగ్రెస్సివ్గా అమర్చినప్పుడు అనుక్రమ విక్రియ ప్రారంభం అయి తీరుతుందనే నమ్మకంతో జరగాలి.

అందుకు ప్రథమచర్యగా కామెటన్, కొలంబియా వర్గంలోనుంచి కొంతమందిని ఏరి చికాగో విశ్వవిద్యాలయము నకు పంపించాడు. వీరిలో ఫెర్మీ, స్టిలాడ్, ఆండర్సన్, జిన్ పండితులు ఉన్నారు. చికాగోలోని నూతనస్థలమును మెటలర్జికల్ లేబోరేటరీ అని అంటారు. విశ్వవిద్యాలయములో పదార్థ రసాయన ప్రయోగశాలలన్నీ దీని అజమాయిషీ లోనికి వచ్చాయి. ఆ తర్వాత దీని ఆధిపత్యం యితరత్రా ఉన్న ప్రయోగములకుకూడా ప్రాప్తమైంది.

మొట్టమొదటగా వీరు తలపెట్టిన కార్యక్రమంలో అనుక్రమ విక్రియ (chain reaction) కు అత్యంత ప్రాధాన్యస్థానం యివ్వబడింది. 1942 లో ఆ సంవత్సరమంతా గ్రాఫైట్ యురేనియములను సంపాదించి పరిశుభ్రపరిచారు. పదార్థముల యొక్క స్థూణికలయొక్క లక్షణములను తెలుసుకొనుటకు ప్రయోగాత్మక అల్లికకట్టడపు స్థూణికలు (Lattice piles) నిర్మించారు. సంవత్సరాంతమునకు అల్లిక కట్టడపు స్థూణికయందు, తనంతట నుగా అనుక్రమ విక్రియ కొనసాగడానికి అవసరమైనంత పదార్థమును ఉంచి, మరొకసారి పరీక్షలు జరపడానికి కావలసిన పరిమాణంలో పదార్థమును సేకరించారు.

చికాగో విశ్వవిద్యాలయ స్టేడియమునందు, స్క్వాష్ కోర్టులకు అడుగున స్థూణికను నిర్మించారు. పూర్వం వలెనే గ్రాఫైట్ యిటుకలను పేర్చి యురేనియమును క్రమపద్ధతిలో ఖాళీ జాగాలయందు ఉంచారు. ఒక్క ముఖ్యమైన జాగ్రత్త తీసుకున్నారు. తొలగించడానికి వీలైన కేడ్మియం కడ్డీలను స్థూణికయందు అనేక తావులయందు జొనిపారు. కేడ్మియం స్థూట్రానులను పీలుస్తుంది కాని వాటివల్ల మార్పుచెందదు. ఒక చోటనుండి మరొకచోటకు ప్రసారమయ్యే స్థూట్రానుల గమనమును అగడ్తవలె అడ్డి తద్వారా కేడ్మియం కడ్డీలు అనుక్రమ విక్రియవేగమును అదుపులో ఉంచుతాయి. ఈ కేడ్మియం కడ్డీలను ఉపయోగించటం ఎంతో ప్రయోజనకారి అయినది. అనుకున్న దానికన్నా స్థూణిక బాగా పనిచేసింది. 1942 డిసెంబరు 1 వ తేదీకల్లా స్క్వాష్ కోర్టులవద్ద సర్వం సిద్ధమైనది.

విచిత్రమైన నాటక సంఘటనవలె సరిగా యిదే సమ  
 యానికి మెటలర్జికల్ లాబొరేటరీవారు నిర్వహిస్తూఉన్న  
 కార్యక్రమాలను తనిఖీచేయడానికి, సమీక్షాసంఘం (Revie-  
 wing Committee) వారు చికాగో నగరం చేరారు. 1942  
 డిసెంబరు 2 వ తేదీనాడు విజ్ఞానశాస్త్ర చరిత్రలో అత్యంత  
 ప్రాధాన్యమైన సంఘటన జరిగింది. ప్రపంచ చరిత్రలో ప్రప్రథ-  
 మంగా, తనంతతానుగా కొనసాగగల కేంద్రకవిచ్ఛేదనా అను-  
 క్రమ విక్రియకు, మానవులు ప్రారంభోత్సవం చేశారు.



## VIII

### పరమాణు బాంబుల ఉత్పత్తి

#### 1. కొద్ది ప్రమాణంలో నూతన పరమాణువు :

##### ఫ్లటోనియం ఉత్పత్తి

తనంతలానుగా నిర్వహించే అనుక్రమ విక్రియా స్థానికల నిర్మాణంవల్ల ఒకేసారి రెండు సమస్యలు తీరిపోయినవి. మొదటిది: U - 235 అనుక్రమ విక్రియ సాధ్యమనే విషయం తేలిపోయింది. కాబట్టి కేంద్రకములోని సంపుటికరణ నష్టంనుంచి వచ్చే పరమాణుశక్తి నెమ్మదిగా విడుదల అయితే సాంకేతిక విషయములకూ, వేగంగా గనక విడుదల అయితే బాంబునకూ అందుబాటు అవుతుంది. ఇక రెండవది: U - 235 వలె ప్రవర్తించే ఫ్లటోనియమును స్థానికయందు ఉత్పత్తి చేయవచ్చునని ఋజువైనది.

అల్లికకట్టడపు స్థానిక, స్వయంశక్తిపై కొనసాగగలదు. అంటే దాని అర్థం, U - 235 పరమాణువుయొక్క ప్రతి విచ్ఛేదనమూ న్యూట్రానులను ఉత్పత్తిచేస్తుంది. పీటిలో ఒక న్యూట్రానైనా మరొక U - 235 పరమాణువును చేరటంతో

అది విచ్చిన్నమై అనుక్రమ విక్రియను కొనసాగిస్తుంది. కాని U-235 యొక్క పరమాణువు ఒక న్యూట్రానుకన్నా అధికంగా ఉత్పత్తిచేస్తుందని మనం యిదివరలో తెలుసుకుని ఉన్నాము. అధికంగా ఉత్పత్తి అయ్యే యీ న్యూట్రానుల గతి ఏమిటి? యీ న్యూట్రానులు U-235 చే బంధింపబడతాయి. U-238 నెప్ట్యూనియంగాను, ఆ తర్వాత ప్లూటోనియంగానూ మారి రేడియో ధార్మికతను విడుదలచేస్తుంది. మరోమాటలో చెప్పవలసినదే, స్థానిక అనేది U-235 ని, P U-238 గా మార్చే పరమాణు కర్మాగారము అని చెప్పవచ్చును. మధ్యయుగపు స్పర్శవేదిమణి (Philosopher's Stone) భారీ ఎత్తున ఉత్పత్తికావడానికి సంసిద్ధమైనది.

అప్పటి మొదలు, ప్లూటోనియం ఉత్పత్తి అనేది ఇంజనీరింగ్ సమస్య అయింది. మాన్ హట్టన్ జిల్లా అప్పటికే రూపొంది, ఈ ప్లూటోనియం ఉత్పత్తి కార్యభారమును స్వీకరించింది. ఆ తర్వాత మాన్ హట్టన్ జిల్లా E. I. డూపాంట్ నెమేర్స్ కంపెనీని భారీఎత్తున ప్లూటోనియం ఉత్పత్తి చేయుటకు ప్రోత్సహించినది. ఈ కార్యక్రమాన్ని అమలు పరచటంలో లాభాలు ఆశించరాదనీ, దీనికి పేట్రెంట్ హక్కులు ఉండరాదనీ డూపాంట్ కంపెనీ కొన్ని నిబంధనలు పెట్టింది. డూపాంట్ కంపెనీ రసాయన క్షేత్రమును వదిలి భౌతిక శాస్త్రక్షేత్రమును క్రొత్తగా ప్రవేశిస్తూ ఉన్నందువల్ల, ఈ కార్యక్రమమునకు సంబంధించిన ప్రాథమిక పరిశీలనముల నన్నింటినీ చికాగోలోని మెటల్లికల్ లేబొరేటరీయే చాలావరకు చూస్తూ ఉండాలని, డూపాంట్ కంపెనీమాత్రం ఇంజనీరింగ్ వాణిజ్యరంగాలలో



తనకుగల అనుభవమును దీనికోసం వెచ్చించాలని నిర్ణయం జరిగింది.

పరిశోధనా స్థూణికలను గురించి ఒక మూల పరిశీలనలు జరుగుతూ ఉండగానే, బాంబుల నిర్మాణమునకు అవసరమైన ఫ్ల్యూటోనియమును ఉత్పత్తి చేయుటకుగాను ఏ పద్ధతిలో భారీ ఎత్తున పారిశ్రామిక కర్మాగారములను నిర్మించవలయునో, మెటలర్జికల్ లేబోరేటరీవారు చర్యలు సాగించారు. ప్రథమ స్థూణిక విజయవంతమైనదని తెలుసుకొనడానికి పూర్వమే నమూనా రేఖాచిత్రాలను గీసి ఉంచారు. విడుదల అయ్యే రేడియోధార్మికత, ఉష్ణము, స్వల్పపరిమాణంలో ఉండటానికి స్థూణిక అత్యల్పశక్తితో నడిచేటట్లు చేయబడింది. ఈ పరిస్థితులలో 1 పౌను ఫ్ల్యూటోనియమును ఉత్పత్తి చేయవలయునంటే 300 సంవత్సరములకు తక్కువపట్టదు. కాబట్టి పారిశ్రామిక కర్మాగారాలు ఉత్పత్తి కార్యక్రమాన్ని అతివేగంగా కొనసాగించాలి.

దీనిలోని సాధక బాధకాలు ఏమిటో యిక్కడ ఒక్కసారి ఆగి పరిశీలిద్దాము. స్థూణిక వెలువలనుంచి U-235 పరమాణువునకు ఒక న్యూట్రాను సరఫరా చేయబడినదని అనుకుందాము. U-235 పరమాణువు విచ్ఛేదమై న్యూట్రానులను విడుదలచేస్తుంది. ఈ విడుదల అయినవాటిలో ఒకే ఒక న్యూట్రాను గనుక U-235 పరమాణువును చేరితే అది విచ్ఛిన్నమై మళ్ళీ న్యూట్రానులను విడుదల చేస్తుంది. ఈ విధంగా అనుక్రమ విక్రయ సాగిపోతుంది. గుణకారకారణాంకము 1.00 అవుతుంది. ఏనమయంలోనైనా ఒకేఒక U-235 అణువు

విచ్చేదమై న్యూట్రానులను విడుదలచేస్తూ ఉంటుంది. ఒక దాని తర్వాత ఒకటిగా అణువులు విచ్చేదమైనప్పుడే అనుక్రమ విక్రియ కొనసాగలుగుతుంది.

U. 235 లోని 100 పరమాణువులను 100 మందగతి న్యూట్రానులు ఒకేసారి విచ్చేదమగునట్లు చేస్తున్నవనుకుందాము. విక్రియ అప్పుడుగూడాసాగుతుంది, దానికి 100 అనుక్రమాలు ఏర్పడినవన్నమాట. ఇప్పటికీ దాని గుణకార కారణాంకము 1.00 మాత్రమే. అయితే ఉత్పత్తి అయ్యే ఫ్లటోనియం ఎంతో అధికంగా ఉంటుంది. విపరీతమైన ఉష్ణము, రేడియో ధార్మికత విడుదల అవుతవి. ఇదే గనక నిజమైతే అనుక్రమ విక్రియను ఓంప్రథమంగా 1000 లేక 1,000,000 పరమాణువులతో ఎందుకు ప్రారంభించరాదు? ఉష్ణము, రేడియోధార్మికతలు మనహా దీనికి పేరే హద్దు ఏమీలేదు.

ఉష్ణము, రేడియోధార్మికతలవిషయమై తగిన జాగ్రత్త తీసుకొనుటకుగాను పరమాణు కర్మాగారములను, మానవులు నివసించే ప్రాంతములకు ఎంతోదూరంలో నిర్జన నిరపాయ ప్రదేశములయందు నిర్మించాలనిఉన్నది. ఈ కర్మాగార ప్రాంతమున పరిసరములలోనే అవసరమైనంత విద్యుచ్ఛక్తిని సరఫరాచేసే విద్యుదుత్పత్తికేంద్రాలు ఉండాలి. కర్మాగారములలో పనిచేసేవారికి నివసించేందుకు గృహాలూ మిగతా సదుపాయాలూ ఉండాలి. స్థానికలను చల్లార్చుటకు వీలుగా దగ్గరలో ఎడతెగని నీటిపారుదల గల్గిన నదిఉండాలి.

‘క్లింటన్ ఇంజనీర్ వర్క్స్’ అనే పేరుతో టెన్నెసీ లోయలోని ఓకోరిడ్జ్ వద్ద ప్రథమ కర్మాగారము నిర్మింపబడినది.

ఇది ఎంతో మారుమూలప్రాంతమైనా T. V. A. విద్యుదుత్పత్తి కేంద్రానికి సమీపంలో నున్నది. 1943 జనవరి నాటికి ప్రాథమిక పరిశీలనలూ, పథక రచనలూ పూర్తిఅయి వెంటనే నిర్మాణ కార్యక్రమం ప్రారంభం అయింది. ఆ తర్వాత దీనిని విస్తృతపరిచారు. దీనిలో ప్రథమంనుంచి పరిశోధనా ప్రయోగ శాలలూ, ఉత్పత్తి యంత్రాలూ నెలకొల్పబడిఉన్నాయి. ఛాయాచిత్రములలో చూస్తే యిది ఒక బ్రహ్మాండమైన నిర్మాణంగా మనకు కనిపిస్తుంది. కాని దీనికన్నా తర్వాతకట్టిన హన్ ఫోర్డ్ నిర్మాణం మరి పెద్దది. ఫ్లూటోనియమును ఉత్పత్తి చేయడానికి, రసాయనికంగా యురేనియంనుంచి ఫ్లూటోనియంను వేరు చేయడానికి క్లింటన్ కర్మాగారము ఉద్దేశింపబడినది.

సూచికయందు U - 238 నుంచి ఫ్లూటోనియం రూపొందు తుంది. మిగతావదార్థములనుంచి ఫ్లూటోనియమును రసాయనిక ముగా వేరుచేయడానికి వేరేమార్గములుతొక్కవలసియున్నది. దీనికిగాను ఫ్లూటోనియమును గురించిన రసాయన పరిజ్ఞానం చాలా అవసరం. దీనినిగురించి తెలుసుకోవలసిన కార్యభారం మెటల్రికల్ రేబోలేటరీమీద నున్నది. ఇది ఒక విచిత్రమైన కథ: ఫ్లూటోనియమును సూక్ష్మతీసూక్ష్మమైన పరిమాణంలో ఒకేచోట చేయవలసిఉండటం (మొదట కాలిఫోర్నియా విశ్వ విద్యాలయంవద్ద, ఆ తర్వాత సెయింట్ లూయీస్ లో వాషింగ్టన్ విశ్వవిద్యాలయంవద్దా చేశారు), దాని లక్షణము లను విక్రియలను వేరొకచోట పరిశీలించవలసిఉండటం, యీ విచిత్రానికి కారణాలు. 1942 సంచత్సరాంతమునకు పరిశుద్ధ

రూపంలో, గ్రాములో 500 మిలియనవవంతు ఫ్లూటోనియం మిశ్రసదార్థము ఉత్పత్తి అయినది. ఈ పదార్థ పరిమాణం యంతేనా అని మనం చప్పరిస్తాము. కాని మైక్రో కెమిస్టులకు యిదే పెద్ద పెన్నిధి. గ్రాములో 1 మిలియనవభాగంతో వారు ప్రయోగపరిశీలనలు చేయగలరు.

ఈ మార్గాలలో సంపాదించిన శాస్త్రవిషయక సమాచారమును, భారీఎత్తు ఉత్పత్తి విధానాలలోనికి బదిలీ చేయవలసిఉన్నది. సమాచారమును స్వరూపంలోనికి మార్చవలసిన బాధ్యత క్లింటన్ విభజనా యంత్రాగారములో పనిచేస్తూ ఉన్న రసాయన తత్వవేత్తలమీదా, ఇంజనీర్లమీదా ఉన్నది. వారు తమ బాధ్యతలను అద్భుతంగా నిర్వహించారు. వారి విధానములే తర్వాత నిర్మించిన హన్ ఫోర్డ్ కర్మాగారమునకు ప్రాతిపదిక అయినవి. దీనికితోడు క్లింటన్ పరిశోధనా శాలలు శిక్షణా కేంద్రములుగా కూడా పనిచేసినవి. ఈ కేంద్రాలలో శిక్షణపొందినవారే ఆతర్వాత హన్ ఫోర్డ్ కర్మాగారములో చేరి అనేక శాఖలలో పనిచేయటం ప్రారంభించారు.

## 2. భారీఎత్తున ఫ్లూటోనియం ఉత్పత్తి

‘హన్ ఫోర్డ్ ఇంజనీర్ వర్క్స్’ అనే పేరుతో ఒక భారీ ఫ్లూటోనియం కర్మాగారం, కొలంబియా నదికి పశ్చిమంగా నిర్మింపబడింది. దగ్గరలోనే గ్రాండ్ కేపి ఆనకట్ట కావలసిన విద్యుచ్ఛక్తిని సరఫరాచేయుటకు అనువుగా నున్నది. సమీపంలోనే కొలంబియానది ఉన్నది. దానిలో కొంతనీటిని మల్లించి,

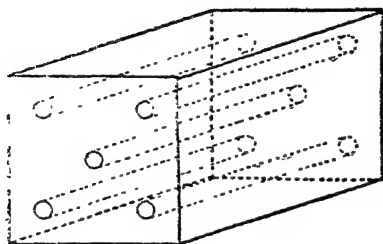
చల్లార్చడానికి వీలుగా స్థూణికలలోనుంచి ప్రవహింప చేయ వచ్చును.

నవీన ఇంజనీరింగ్ విజయవరంపరలలో, హాన్ ఫర్డ్ కర్మాగారనిర్మాణం అతి ముఖ్యమైనదని చెప్పవచ్చును. ఈ కార్యక్రమ నిర్వహణంలో పాల్గొనేకార్మికుల నివాసవసతుల నిర్మాణం 1943 ఏప్రిల్ 6 న ప్రారంభమైనది. 1944 లో శిఖరాగ్ర స్థాయిలో నిర్మాణకార్యక్రమం కొనసాగుతుండగా యీ ప్రాంతంలో దాదాపు 60,000 మంది ప్రజలు నివసిస్తూ ఉన్నారు. ఒకప్పుడు నిర్జననిరాసుయమైన ప్రాంతం యిప్పుడు రాష్ట్రంలో నాలుగవ నగరంగా రూపురేఖలు దీర్చి దిద్దుకొన్నది. ప్రథమస్థూణిక నిర్మాణం 1943 జూన్ 7 వ తేదీన ప్రారంభమైనది. ఈ స్థూణిక నాలుగుమాసాల అనంతరం పని చేయడం ప్రారంభించినది.

భారీఎత్తులో ఫ్లట్ నియం ఉత్పత్తికి ఉద్దేశింపబడిన యీ స్థూణికలకూ, చికాగోలో నిర్మింపబడిన వీటికి కొంత తేడా ఉన్నది. ఇది 21వ చిత్రములో చూపబడింది. గ్రాఫైట్ యిప్పుడు అవిరామ ద్రవ్యరాసిగా నున్నది దీనిలోపల కొన్ని గొట్టాలు పొందుపరచబడినవి. ఈ గొట్టములద్వారా చల్లని నీరు తిరుగుతూ ఉంటుంది. యురేనియం చిన్న చిన్న ముద్దలుగా లేదు. కడ్డీలరూపంలో ఉండి పొడుగుగానున్న రంధ్రాలలో లోపలికి నెట్టబడతాయి.

సులభంగా తీయడానికి లోనికి పోనివ్వడానికి వీలుగా యురేనియం కడ్డీలను, డబ్బీలలో మూసివేశారు. చిగాకో వారికి యీ విషయంలో తలదిమ్ము ఎక్కింది. యురేనియం

కడ్డీలను పట్టిఉంచగల పదార్థమును కనుగొనడానికి కొన్ని నెలలు పరిశోధన చేయవలసివచ్చింది. ఈ పదార్థము తినివేయ బడకుండా ఉండాలి. రేడియోధార్మిక ప్రభావంవల్ల మార్పు చెందకూడదు. విద్యుద్వాహకంగా పనిచేయాలి. అధికపరిమాణాల్లో లభ్యంకావాలి. ఈ లక్షణాలు అన్నీ ఉన్న పదార్థం అల్యూమినియం అని చివరకు తేలింది.



21 వ పటము

చల్లబరిచే నీరు మరొక సమస్య: నీటిని అధికంగా వేడిచేస్తే, ఆ నీరు తిరిగి నదిలోనికి వెళ్ళినప్పుడు చెట్లూ చేమలకూ, జలచరాలకూ జంతువులకూ ప్రమాదం సంభవిస్తుంది. అంతేగాకుండా యీనీరు కొంత రేడియో ధార్మికతను తనలోకి పీల్చుకుంటుంది. కాబట్టి కొంత కాలంపాటు దీనిని ఒకచోట నిలవచేసి ప్రమాద కారణం సమసిపోయిన తర్వాత నదిలోకి వదిలిపెట్టాలి.

సూజికలో కొంత యురేనియం స్లట్‌లోనియంగా మారగానే, రసాయనికంగా స్లట్‌లోనియమును బయటకు తీయడానికి వీలుగా కడ్డీలను విభజనా యంత్రంలోకి మార్చాలి. ఇతర

విచ్చేదనా పదార్థములు అమితంగా ప్రోగవుతున్నందువల్ల యురేనియం అంతా సంపూర్ణంగా ఫ్లటోనియముగా మారి పోయేంతవరకూ వేచియుండడానికి వీలులేదు. విచ్చేదనా ఉత్పత్తి పదార్థాలు, విపరీతమైన రేడియో ధార్మికతను కలిగి ఉంటవి. మామూలు రసాయన విధానముల ద్వారా వీటిని అదుపులోపెట్టుట సాధ్యంకాదు. రసాయన తొట్టెలకు, పని చేసే కార్మికులకూ మధ్య కాంక్రీట్ గోడలు నిర్మించాలి. మారుమూలలనుండే కంట్లోలు సాధనల సహాయంతో పదార్థములను వేరుచేయుట, కలుపుట. అవశ్యేషము చేయుట కడుగుట మొదలైన పనులన్నీ చేస్తారు.

ఈ చిన్నపుస్తకంలో యీ విషయాల నన్నింటినీ విపులంగా వర్ణించి చెప్పడానికి అవకాశం లేదు. ఇలాంటి అనేక చిక్కుసమస్యలను ఇంజనీర్లు ప్రతిరోజూ ఎదుర్కుంటూనే ఉంటారు. తమ సాంకేతికజ్ఞానసంపదతోనూ, అవిరామకృషి తోనూ ఎన్ని అవాంతరాలు వస్తున్నా వాటిని అవలీలగా తొలగించుకుని ముందుకు పురోగమిస్తూనే ఉంటారు. వీనిలో కొన్ని సమస్యలు రేడియో ధార్మికత యొక్క ప్రత్యేకపరిస్థితులనుబట్టి, గతివేగము, కర్మాగార నిర్మాణవిషయములు మొదలైనవాటినిబట్టి తలలెత్తినవి. వీటి నన్నింటినీ ధైర్యంతో ఎదుర్కొన్న సాహసఫలితంగానే మానవచరిత్రలో ఒక నూతన అధ్యాయం ప్రారంభం అయినది. హాన్ ఫర్డ్, క్లింటన్ కర్మాగారములనుగురించిన పూర్తికథ ఒకానొక రోజున పూర్తిగా బయటపడుతుందని ఆశిద్దాము.

### 3: బాంబులకొరకు అధికప్రమాణంలో

#### యురేనియం ఉత్పత్తి

ఫ్లూటోనియంఉత్పత్తినిగురించి మనం తెలుసుకున్నాము. 1943 లో యీ కార్యక్రమం అతిత్వరలో విజయవంతమౌతుందని భావించారు. అయినప్పటికీ యురేనియం ఐసోటోపు విభజనా కార్యక్రమమునందు అశ్రద్ధ చూపబడలేదు. అధిక భాగమైయున్న U-238 నుంచి U-235 ని వేరుచేయడానికి అనేకపద్ధతులు పరీక్షించి చూచారు. విజయవంతమైన భారీ విధానములలో వాయువిస్తరణావిధానము (gaseous diffusion method) ఒకటి.

వాయువిస్తరణావిధాన సూత్రము ఎన్నో సంవత్సరాలుగా ప్రచారంలో ఉన్నదే. వేరువేరు పరమాణు భారములు కల్గిన రెండు వాయువుల మిశ్రమమును, చిల్లలవలకం ద్వారా పోనిచ్చి వాటి వ్యాపనవల్ల వేరుచేయవచ్చునని 1896 లో లార్డ్ రాలే ప్రకటించాడు. ఈ పద్ధతిని అనుసరించే ఏస్టన్ పండితుడు 1913లో నియాన్-20ని, నియాన్-22ని వేరు పరచడానికి ప్రయత్నించాడు. 1940 చివరిభాగంలో, యీ పద్ధతివల్ల ఎంతవరకూ ప్రయోజనం ఉంటుందో అనే విషయాన్ని కొలంబియాలో జాన్ డన్నింక్ సమీక్షించాడు. నౌకాశాఖద్వారా యురేనియమ్ కాంట్రాక్టులద్వారాలభించిన నిధులతో ప్రాథమిక ప్రయోగములు జరుపడానికి ప్రారంభించాడు. 1941 జూలైలో డన్నింగ్ అతని సహచరులూ OSRD తో ఒప్పందం కుదుర్చుకున్నారు. అప్పటినుంచీ యీ



ప్రయోగపరిశీలనకు అవసరమైన ధనం లభించింది. 1943 లో మొదలు 1945 మార్చి నరకూ యీ కార్యకలాపమునకు యురే పండితుడు సర్వాధిపత్యం వహించాడు. తర్వాత యిది ఒక కార్పొరేషన్ అజమాయిషిలోనికి వెళ్ళిపోయింది.

విస్తరణ విధానంలో ముఖ్యమైన విషయం ఏమంటే - యదార్థమైన విభజనకుగాను వాయువు అనేక అడ్డు ఫలకాల లోనుంచి విస్తరించవలసిఉన్నది. నూటికి 99 పాళ్ళు U - 235 ని పొందవలసినట్లే అది అంచెలవారీగానూ 4000 ఫలకాలలో నుంచి దూసుకుని విస్తరించవలసి ఉంటుంది. దానియొక్క సామర్థ్యమునుగురించి తీర్పు చెప్పడానికి, అన్ని అంచెలూ ప్రయోగించవలసిన అగత్యం లేకపోవటం ఒక ముఖ్యసుగుణం. కాబట్టి ప్రయోగాత్మకములైన చిన్నచిన్న యంత్రాగారము లను నెలకొల్పి పరీక్షచేయవచ్చును.

విస్తరణ వాయువు, యురేనియం హెక్సాఫ్లోరైడ్ ను ఉత్పత్తిచేయాలి, గొట్టములు రూపొందించి నిర్మించాలి, అడ్డు కట్టడానికి ఫలకాలను కనిపెట్టి పరీక్షించాలి. ఈ అడ్డు ఫలకాలను గురించి ఒక ముఖ్యవిషయం ఉన్నది. సరియైన విస్తరణ ఫలకంలో ఒకొక్క రంగ్రం, అంగుళం వ్యాసార్థంలో 4 పది మిలియన్ల వంతునఉండాలి. ఒకొక్కదానిలో బిలియన్ల సంఖ్యలో రంగ్రాలుఉండాలి. విస్తరణ సమయంలో అవి పెద్దవి కాకూడదు, వాటికి ఏదీ అడ్డుపడకూడదు. ఇలాంటి ఫలకాలను తయారుచేయటం అనేది ఎంత అద్భుతమైన సంగతో మీరు ఊహించగలరు.

1943 ప్రారంభంలో, సమస్యలలో చాలభాగం పరిష్కార సామీప్యానికి వచ్చేసినట్లుగా కన్పించినవి. కాబట్టి భారీఎత్తు కర్మాగారాల నిర్మాణానికి ప్రోత్సాహం కలిగింది. 1943 జూన్ లో, విస్తరణయంత్రాగారమునకు శక్తిని సరఫరా చేయుటకుగాను ఆవిరిశక్తి కర్మాగారం ఒకటి నిర్మించడానికి ఓక్ రిజ్జ్ వద్ద పని ప్రారంభం అయినది. శక్తిని సరఫరాచేయు కర్మాగారాల్లో దీనిని మించినది యంతరకు నిర్మింపబడలేదు. మూడు నాలుగు మాసాల అనంతరం మిగతా భవనాల నిర్మాణానికి పని ప్రారంభం అయినది. మిగతా అన్ని భాగముల నిర్మాణం పూర్తికాకుండానే విస్తరణ యంత్రాగారముచే పనిచేయించగలగడం ఒక ప్రత్యేకత. 1944 జూన్ నాటికి విస్తరణయంత్రాగారము పని ప్రారంభించినది.

హాన్ ఫోర్డ్ యంత్రాగారము, చికాగో స్థూణకలతో పోల్చిచూస్తే, విస్తరణ విధానములో ప్రత్యేక సంఘటనలేమీ లేనేలేవు. 1940 - 1945 మధ్యన అక్కడి తత్వవేత్తలు యితర కార్యకలాపములకు సంబంధించినవారు ధైర్యముతో దీక్షతో పనిచేశారు. అభేద్యములనుకున్న శాస్త్రసంబంధమైన సమస్యలను నైపుణ్యంతోను ధీశక్తితోనూ పరిష్కరించగలిగారు. 1945 ముగిసే సమయానికి యీ కర్మాగారము భారీ ఎత్తు ఉత్పత్తి కార్యక్రమాన్ని కొనసాగిస్తూ, విచ్చేదన పదార్థములకు ఎంతో సహాయాన్ని చేసింది.

యురేనియం కార్యక్రమ ప్రారంభదినాల్లో, వాయు విస్తరణ వద్దతి, కిరణపరాణ్ముఖ వద్దతి, విభజన విధానాలలో అత్యుత్తమమైనవిగా ఎంచబడేవి. 1941 అనంతరం కిరణపరా

బ్లూఖ పద్ధతి (Centrifuge Process) ని గురించి రెండుచోట్ల అత్యంత శ్రద్ధతో పరిశీలనలు జరిగినవి. ఇంజనీరింగ్ నమస్తలు తీవ్రరూపం దాల్చుటంవల్ల, భారీఎత్తు ఉత్పత్తికి ప్రయత్నములు జరుగలేదు. చివరికి యీపద్ధతిని గురించి ప్రయోగ పరిశీలనలు జరుపుట విరమించుకున్నారు.

ఇక విద్యుదయస్కాంత విభజనా విధానము (Electro Magnetic Method of Separation) ఒకటి మిగిలినది: పూర్వము J. J. థాంసన్ ఉపయోగించిన టైస్లేయిర్ నాళిక, ఏప్టన్ ఉపయోగించిన మాన్ స్పెక్ట్రోస్కోప్, యీవిధానమును నిరూపించినవే, ఒక శక్తివంతమైన అయస్కాంత తూత్రములో, అయనములయొక్క ద్రవ్యరాశిమీద ఆధారపడి అయనముల ప్రవాహము వంపు తీసుకుతుంది. ఈ సూత్రం 20 వ చిత్రములో చూపబడినది. 1939 లో దీని ఆధారంతోనే సియోర్ పండితుడు U - 235 శల్లములను యితర యురేనియం ఐసోటోపులనుంచి వేరుచేసి, ఏ ఐసోటోపు విచ్ఛేదన చెందుతుందో తెలుసుకోవలసిందిగా డన్నింగ్ పండితునికి పంపించాడు. సియోర్ యొక్క పరికరమునందు 24 గంటలకు గ్రాములో 1 మిలియనవ వంతు U - 235 చేరినది. పెద్ద అయస్కాంతము, యంతకన్నా ఉత్తమ పరిస్థితులవల్ల U - 235 ని అధికంగా ఉత్పత్తి చేసేందుకు అవకాశం ఉన్నదా?

కాలిఫోర్నియా విశ్వవిద్యాలయములో ఒక ఉపకరణం ఉన్నది. దీనిపేరు సైక్లోట్రాన్. ఇది భారీ అయస్కాంతముతో వేగగతి న్యూట్రానుల కిరణమును తయారుచేయు ఒక ఉపకరణమాత్రమే. 1941 డిసెంబరులో E. O. లారెన్స్ అధిపత్యం

క్రింద, 37 అంగుళాల ఒక పెద్ద అయస్కాంతము పనిచేయటం ప్రారంభించినది. 1942 జనవరినాటికి యిది చాలవరకు విభజనలు చేయగలిగింది. 1942 మార్చినాటికి యీ కార్యక్రమం చురుకుగా కొనసాగడంవల్ల లారెన్స్ ఆశలు ఫలించునట్లుగా కనిపించినది.

ఒక విపులమైన కార్యక్రమానికి ప్రారంభోత్సవం జరిగింది. దీనియందు అనేకమంది తత్వవేత్తలు నియమితులైనారు. వీరికితోడుగా బర్మింగ్ హామ్ విశ్వవిద్యాలయమునుంచి M. L. ఓలిఫెంట్ నాయకత్వంక్రింద కొంతమంది బ్రిటిష్ తత్వవేత్తలు గూడా వచ్చి కలిశారు. ఒక పెద్ద అయస్కాంతము U-184 అంగుళాల వ్యాసార్థముగల దానితో పనికి ఉపక్రమించారు. దీనిని ఆవరించి చుట్టూ దుకాణాలు పరిశోధనాశాలలూ గుమికూడాయి. 1942 మే నాటికి యిది పనిచేయడానికి సిద్ధంగా ఉన్నది.

ఆ సమయానికి ఓక్రిడ్జ్ వద్ద ప్లాటోనియం కర్మాగార నిర్మాణం ప్రారంభంకాలేదు. వాయువిస్తరణ యంత్రాగారము నెలకొల్పడానికి నిశ్చయింపబడింది. అదేసమయంలో విద్యుదయస్కాంత విభజనా యంత్రాగారము నొకదానిని ఒకరిడ్జ్ వద్ద నిర్మించడానికి అనుమతి యివ్వబడింది. ఒక్కొక్కటి ఒక్కొక్క లోయలో. యీ మూడూ యిప్పుడు క్లించ్ నదివద్ద నెలకొల్పబడినవి.

1943 మార్చిలో క్లింటన్ యందు ప్రాథమిక యంత్రాగారాలనిర్మాణం ప్రారంభమైనది. ఆ సంవత్సరాంతమునకు నిర్మాణం పూర్తి అయి పని ప్రారంభించడానికి సిద్ధంగా

ఉన్నాయి. కాలిఫోర్నియాలో అభివృద్ధిపరచిన వాటిని కొత్త యూనిట్లతో జతచేర్చారు.

1944-45 శీతాకాలంలో విద్యుదయస్కాంత విభజనా యంత్రాగారము విరామం లేకుండా పనిచేస్తూ పరమాణు బాంబులను తయారుచేయుటకు అవసరమైనంత పరిశుభ్రత కలిగి U-235ని ఉత్పత్తి చేస్తున్నది. యద్ధానంతరము అయిన ఖర్చులను పోల్చిచూడగా విద్యుదయస్కాంతా విభజనా యంత్రాగారమునకన్నా, వాయువిస్తరణా యంత్రాగారము నడుపుట చౌకయని తేలినది. అయస్కాంత విభజనా యంత్రాగారముచే పనిచేయించడం నిలిపివేయబడినది. స్థిరమైనవిస్తరణాపులను వేరుచేసే విభాగాన్ని తప్ప యంత్రాగారమునంతా విప్పివేశారు. వాయువిస్తరణా యంత్రాగారములను విస్తరింపజేశారు.

#### 4. పరమాణుబాంబు నిర్మింపబడినది

సంగ్రామ కథనంలో మనం చివరభాగాన్ని చేరబోతున్నాము. వివిధములైన మూడు స్థలాలనుంచి విసురుటకు తగిన పరమాణు పదార్థాలు (Fissile material) ఉత్పత్తి చేయబడతాయి. హాన్ ఫర్డ్ స్టాంట్ నుంచి వచ్చే ప్లూటోనియం-239 ఉన్నది. ఓకెరిడ్జిలోని వాయువిస్తరణా యంత్రాగారమునుంచి వచ్చే U-235 ఉన్నది. ఓకెరిడ్జ్లోని విద్యుదయస్కాంత విభజనా యంత్రాగారమునుంచి వచ్చే U-235 ఉన్నది. పరమాణు బాంబును తయారు జేయుటకు మనం యీ పదార్థాలను ఉపయోగించాలి.

వికాగోలోను, హన్స్ ఘోష్ట్లోను తనంతట తానుగా పనిచేయగలిగిన స్థూణికయందలి కేంద్రక అనుక్రమ విక్రియ యొక్క గుణకార కారణాంకము 1.00 U-235 యొక్క ప్రతి అణువిచ్ఛేదనమూ అనేక న్యూట్రానులను విడుదల చేయ వచ్చును. అనుక్రమ విక్రియ కొనసాగుటకు యీ న్యూట్రానులలో ఒక్కటి మాత్రమే U-235 యొక్క మరొక పరమాణువును జేరుతుంది. అటువంటి అనుక్రమం (Chain) ఒకటి ఉండవచ్చు లేదా 1,000,000 ఉండవచ్చును. బయటనుంచి ఎన్ని న్యూట్రానుల వచ్చి U-235 పరమాణువులను విచ్ఛిన్న మయ్యేటట్లు చేస్తాయో ఆ సంఖ్యమీద అనుక్రమ సంఖ్య ఆధారపడి ఉంటుంది. గుణకార కారణాంకము 1.00 వద్ద నిలిచి ఉండునట్లు చూచుటకుగాను స్థూణికలను, కాంక్రీటు గోడల ఆవలితట్టునుంచి పరీక్షించి చూస్తూవుండాలి.

పరమాణుబాంబు అనేది విభిన్నమైనది. ఇది పరిశుద్ధ ప్లాటోనియం-239 చే గాని లేక పరిశుద్ధయురేనియం-235 చే గాని కూర్చబడినదవటంవల్ల, న్యూట్రానులు పీల్చేందుకు వేరే సదుపాయం లేనందువల్ల, పరమాణువులే వాటిని పీల్చి విచ్ఛిన్నమై యితోధికంగా న్యూట్రానులను ఉత్పత్తిచేస్తాయి. ముద్దలో మిగిలిన న్యూట్రానులన్నీ పరమాణు విచ్ఛేదనకు తోడ్పడుతవి. విచ్ఛేదమయ్యే ప్రతిపరమాణువునుంచి 2 న్యూట్రానుల చొప్పున విడుదల అయి, మిగతా పరమాణువులచే పీల్చబడినవస అనుకొండము. అప్పుడు గుణకారకారణాంకము 2.00. మొదటిసారి ఉత్పత్తిఅయిన న్యూట్రానులకన్న రెండవ సారి పరమాణు విచ్ఛేదమువలన ఉత్పత్తిఅయ్యేవి, రెట్టింపు

ఉంటాయి. మొదటి పరమాణువు విచ్ఛేదమై, 2 శక్తివంతములైన న్యూట్రానులను ఉత్పత్తి చేస్తుంది. వీటిని పీల్చుకున్న 2 పరమాణువులు విచ్ఛేదమై 4 న్యూట్రానులను ఉత్పత్తి చేస్తాయి. ఈ నాలుగు న్యూట్రానులను 4 పరమాణువులు పీల్చుకుని విచ్ఛేదమై 8 న్యూట్రానులను ఉత్పత్తిచేస్తాయి, ఈ విధంగా ఒక వరుసక్రమంలో 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128... పరమాణువుల విచ్ఛేదం జరిగిపోతుంది.

ఈ రకమైన పునరుత్పత్తి వివరీతమైన వేగంతో పెరిగి పోతుంది. షడవతరంలో సంఖ్య 1024 : 20 తరంలో మిలియన్ కి పైగా ఉంటుంది, 30 తరంలో బిలియన్ కి పైగా ఉంటుంది. 60 తరంలో బిలియన్ బిలియన్ కి పైచిలుకు. 90 తరంలో బిలియన్ బెలియన్ బిలియన్ పైగానూ ఉంటుంది. ప్రతి న్యూట్రాను తరమూ 1 సెకన్లలో 1 మిలియనవ వంతుకాలం ఉంటుందని అనుకుందాము. 90 తరములలోను అనగా 1 సెకన్లలో 90 మిలియనవవంతు కాలంలో బిలియన్ బిలియన్ బిలియన్ కి పైచిలుకు పరమాణువులు విచ్ఛేదనమౌతాయి. 1 సెకన్లనందు అతి సూక్ష్మతినూత్నమైన కాలప్రమాణం లోగా పశ్చాత్తరమాణువులన్నీ విచ్ఛిన్నమై శక్తులను విడుదల చేస్తాయి. సూక్ష్మమైన ఆవరణ (space) లో వివరీతమైన శక్తి హఠాత్తుగా విడుదల అవటమే ప్రేలుడు (Explosion) అనే మాటకు నిర్వచనము.

ఇక్కడ ముఖ్యమైన విషయము ద్రవ్యరాసియొక్క అనధిపరిమాణము (Critical Size). అనధిపరిమాణ ద్రవ్యరాసి కన్నా యురేనియం - 235 లేక ప్లూటోనియం - 239 ముక్క

చిన్నది గనక అయితే, గుణకార కారణాంకము (Multipli-  
cation Factor) 1.00 ని చేరుకోవటానికి అవసరమైనన్ని  
న్యూట్రానులు ద్రవ్యరాసియందు నిలిచిఉండవు. అవధి పరి  
మాణ ద్రవ్యరాసికన్నా ముక్కు. పెద్దదైతే, గుణకార కార  
ణాంకము 1.00 కన్నా స్వల్పంగా అధికమైనా, మొదటి పర  
మాణు విచ్ఛేదనతోబాటు మిగతా పదార్థమంతా వెంటనే  
ప్రేలిపోతుంది. ఎందువల్లనంటే - ప్రతి పరమాణు విచ్ఛేద  
నమూ సెకన్లులో మిలియన వంతుకన్నా తక్కువ సమయంలో  
జరగటమే దీనికి కారణం. యదార్థమునకు ఖగోళములనుంచి  
విడుదల అయ్యే అనేక న్యూట్రానులు చుట్టుపక్కల చెల్లా  
చెదురుగా ఉంటవి. అవధి పరిమాణమునకన్నా అధికంగా  
విచ్చిన్న ధర్మముగల పదార్థము (Fissile Material) జను  
అవుతే, యీ చెదురుమదురు న్యూట్రానులలో ఒక్కటి దాని  
యందు జొరబడినా అది వెంటనే ప్రేలిపోయింది. మొదటి  
న్యూట్రాను ఆగమనమునకూ ప్రేలుడుకీ మధ్య సూక్ష్మైతి  
సూక్ష్మకాల వ్యత్యాసమే ఉండటంకారణంగా బాంబును  
నిర్మించే కార్యకలాపములో సాంకేతిక సంబంధమైన అనేక  
సమస్యలు తలలెత్తినవి. కాబట్టి పరమాణు నిర్మాణమునకు  
అవధి పరిమాణ ద్రవ్యరాసికన్నా పెద్దదైన P U-239 లేక  
U-235 ముక్కును అతివేగంగా కూర్చటం, దానికి కొన్ని  
న్యూట్రానులను సరఫరాచేయటం - అవసరమన్నమాట.  
అవధి పరిమాణమునకన్నా స్వల్పంగా తరుగువున్న U-235  
లేక P U-239 ద్రవ్యరాసిని ఊహించండి. మనం కొన్ని  
న్యూట్రానులను సరఫరాచేసినా యీ ద్రవ్యరాసి ప్రేలదు.



అదే పదార్థముయొక్క మరొక అంతకన్నా చిన్నదైన ముక్క కొంతదూరాన ఉన్నదని ఊహించుచు. అదికూడా ప్రేలదు. కాని దీనిని పెద్ద ముక్కకు జోడిస్తే యీరెండూ కలిసి అవధి పరమాణుమును మించిపోతాయి. కాబట్టి వీటి రెండింటినీ అతి వేగంతో దగ్గరకు తీసుకొనివచ్చే ఒక యంత్రాన్ని ఊహించుచు - పరమాణు బాంబు అంటే యిదే. ఉదాహరణకు: స్వల్ప ద్రవ్యరాసి, తుపాకీగుండు రూపంలో ఉండి, అధిక ద్రవ్య రాసి మధ్యనున్న రంధ్రములోనికి, దూరమునుంచి అతివేగంగా విసిరివేయబడవచ్చును. అధిక ద్రవ్యరాసి న్యూట్రానులను అందుకునే సమయానికి స్వల్ప ద్రవ్యరాసి గుండుగూడా వచ్చి కలవడంలో ప్రేలుడు సంభవిస్తుంది.

అవధి పరమాణు అంటే ఏమిటి? 1939 లో ఉన్న లెక్కలప్రకారము యీ పరమాణుము 2-200 పౌనుల మధ్యన ఉండవచ్చును. న్యూట్రాను బంధింపబడేలోపున ఎంతదూరము వెళ్ళేదీ, యురేనియం కేంద్రకముయొక్క బంధన తిర్యక్ భేదము (Capture cross section) చే బంధింప బడేలోపున యిది వెళ్ళు డానికి ఎంతదూరము అవసరమైనదీ కొలిచిన కొలతలమీద యీ లెక్కలు ఆధారపడిఉన్నవి. ఇవి ఉజ్జాయింపుగా కొలిచిన కొలతలు అవటంమూలాన అవధిపరమాణు విషయమును జాగ్రత్తగా గ్రహించవలసి ఉన్నది. U-235, Pu-239 లభ్యమైనది. మొదట, ఆ పదార్థములను ఏ ఏ పరమాణులో ఎంతెంతదూరంలో నిలవచేయవలసిందీ నిర్ధారణ చేసేందుకు గూడా ఎంతో జాగ్రత్త వహించవలసిఉన్నది. కాబట్టి యీ ప్రశ్నకు జవాబు యిదమిద్దంగా తేలింది.

ఇలాంటి ప్రశ్నలే కొన్నిచుదలు ఉన్నాయి. వాటిని పరిశీలించాలి. ఒక బాంబు ఎంతశక్తిని ఉత్పత్తి చేస్తుంది? ఎత్తుగాగాలిలోనా, నీటిఅడుగునా, లేక భూమిమీదా-ఎక్కడ బాంబును పేల్చాలి. ఉత్పత్తి అయ్యే రేడియో తేజః ప్రసార వాయువులు (Radio active gasses) ఏమాత్రా? న్యూట్రాన్ రిఫ్లెక్టర్లను చుట్టూ ఉంచితే పరమాణుబాంబును అవధి పర మాణమునకన్నా చిన్నదిగా చేయవచ్చునా? మంచి న్యూట్రాన్ రిఫ్లెక్టర్లు అంటే ఏమిటి? అనుక్రమ విక్రీయ పూర్తి గాకుండానే బాంబు ఛిన్నాభిన్న మౌతుందా; లేక పరమాణువు లన్నీ విచ్ఛేదమయ్యేవరకూ దీనిని ఆకట్టి ఉంచవచ్చునా? Pu-239, U-235 లభ్యమయిన తర్వాత యీ ప్రశ్నల జవా బులకోసం చివరి క్షణందాకా వేచిఉండటమనేది జరగనిపని. పోసేచిన్ననమూనా బాంబులను తయారుచేసి, పెద్దవి ఎట్లా పని చేస్తాయో తెలుసుకోవాలనుకున్నా అదీ అసంభవమైన విషయమే. చేస్తే పరమాణుబాంబులనే తయారుచేయాలి; లేదా దణ్ణంపెట్టి ఊరుకోవాలి, మరోమార్గం లేదు. సిద్ధాంతముల ద్వారా ఎన్ని విషయములను ఊహించినా-ఆఊహలు యదార్థములు కావడానికి తూచా తప్పనిసరియైన కాలప్రమాణము (accurate measurements) కావలసి ఉన్నది.

ఏనిలో కొన్ని విషయాలను గురించి 1941 లోనే చర్చలు ప్రారంభ మైనాయి. ఈ అనుమానాస్పదములైన విషయముల యదార్థస్వరూపములను తెలుసుకొనుటకుగాను విన్ కాన్ సెన్ విశ్వవిద్యాలయాలకు చెందిన గ్రిగోరీబ్రైట్ పండితుడు 1942 ప్రారంభంలో అనేక విద్యాలయములయందు

పరిశీలనా కార్యకలాపమునకు పురికొల్పాడు. తర్వాత వేసవి యందు కాలిఫోర్నియా విశ్వవిద్యాలయమునకు చెందిన J. R. అప్పెన్ హైమర్ పండితుడు యీ కార్యక్రమాన్ని బాగా వి సరింపచేసి ప్రయోగశాల నన్నింటినీ అనుసంధానపరిచాడు. దీనికోసం, 1942 వేసవి ముగిసేనాటికి ఒక ప్రత్యేక ప్రయోగ శాలను ఏర్పాటుచేయవలసిన అవసరం కనిపించినది.

రహస్యంగా ఉంచడానికి భద్రతకూ వీలుగా యీ ప్రయోగశాల, న్యూమెక్సికోలో శాంటాఫేకి ముప్పైమైళ్ళ దూరమునందున్న లాజ్ ఆల్మాసి అనే నిర్జన నిరామయ ప్రదేశమునందు నెలకొల్పబడింది. అప్పెన్ హైమర్ డైరెక్టరుగా 1943 మార్చిలో వచ్చి చేరాడు. సుప్రసిద్ధులైన అనేక మంది తత్వవేత్తలను ఆయన తన చుట్టూ చేర్చుకున్నాడు. స్వల్పవ్యవధిలోనే యిది ఒక మహత్తరమైన ప్రయోగపరిశీలనా కేంద్రంగా రూపొందింది. ఇందు పనిచేసినవారిలో జగత్ ప్రసిద్ధులైన హాన్స్ బెథే, ఎన్ రీకోఫెర్రి, నియెల్స్ బాహాల్, జేమ్సు ఛాడ్ విడ్ ప్రభువులు ఉన్నారు. వీరితోబాటు డజన్ల కొలదీ బ్రిటిష్ తత్వవేత్తలూకూడా వచ్చి చేరారు.

ఈ ప్రయోగశాలలో, సిద్ధాంత పదార్థ విజ్ఞానశాఖ, ప్రయోగాత్మక కేంద్రక పదార్థ విజ్ఞానశాఖ, రసాయనశాఖ, లోహతత్వవిజ్ఞానశాఖ, బాంబ్ తత్వశాఖ, మొదలైన అనేక శాఖలు ఒక్కొక్క డైరెక్టర్ అజమాయిషీలో నున్నవి. వారు చేసిన ప్రయోగ పరిశీలనలు యిప్పటికి అతిగోప్యములై ఉన్నాయి. అయితే ఒక్క విషయం మాత్రం మనకు తెలు

సును. వారియొక్క అవిరామ కృషికి ఫలితంగానే పరమాణు బాంబు ఉద్భవించినది.

## 5. రహస్యం బయటపడ్డది.

ప్రయోగంద్వారా పరీక్షించిచూస్తేతప్ప ఏ సిద్ధాంత మునూ ఒప్పుకొనడానికి వీలులేదు. పరమాణుబాంబునకు ప్రాతిపదికయైన సిద్ధాంతము-మొట్టమొదట ఒక చిన్నకట్టడంగా ప్రారంభమై చివరకు ఒక గోటఅంత విస్తరించినది. ఉష్ణ నీటి యందు కరగడం, దానివల్ల పరమాణువుల ఉనికినిగురించి ఊహించటం. - దీనితో మనం కథను ప్రారంభించాము. కేంద్రకమూ, దానిచుట్టూ వలయములలో గిరిగిరాతిరిగిపోయే ఎలక్ట్రానులూ, కేంద్రకములో అంతర్గతముగాఉండే న్యూట్రానులూ ప్రోటానులూ, బంధనశక్తులచే బంధీకృతమైన ప్రేరణలూ - యీవిధంగా ఉండే మూలపరమాణువు యొక్క సంకీర్ణమైన స్వరూపం యిప్పుడు మనకు గోచరించినది.

ఈ కథను చదువుతున్నప్పుడు, సాధకునికి అప్పుడప్పుడు 'పిల్లిమీద ఎలికా, ఎలికమీద పిల్లీలాగా యీ ఊహగానా లేమిటి యీ సిద్ధాంతా లేమిటి' అని అనిపించి ఉండవచ్చును. పదార్థములయొక్క సమ్మేళన నిష్పత్తులు (combining ratios) మనం మొట్టమొదట కొలుస్తాము. అవి దాదాపు సంపూర్ణ సంఖ్యలు అవుతాయి. దానికి మనవద్ద సుజాయిషీ ఉన్నది. అవి నిజంగా సంపూర్ణసంఖ్యలు కాకపోవటంవల్ల, ఆ తారతమ్యాన్ని విశదీకరించుటకు మనం ఒక సిద్ధాంతాన్ని రూపొందించాము. మనం ఐసోటోపులను కల్పించాము. కాని యీ

సిద్ధాంతాన్ని అనుసరించిచూచినా సంపూర్ణసంఖ్యకూ వీటికి ఆ తారతమ్యంపోలేదు. ఆ తర్వాత మనం వేగగతి న్యూట్రానులనూ, మండగతి న్యూట్రానులనూ కేంద్రవిచ్ఛేదనమునూ బంధనతిర్యక్ భేదమును (Capture cross section) నూ కల్పించాము. చివరకు భారీఎత్తున గాని నిర్మించడానికి వీలులేని పరమాణుబాంబును సిద్ధాంతీకరించాము. కొన్ని పానుల ఏదో పదార్థాన్ని తయారుచేసేందుకు, భారీఎత్తు కర్మాగారాలూ, వేలసంఖ్యలో పనివారలూ కావాలి. దీనికోసం వందల మిలియన్ల ధనం వెచ్చించాలి.

ఇదంతా మనకు వేలంవెరి అనిపిస్తుంది. నిజమే, కాని సిద్ధాంతముల ఆధారంతో రోజంతా ప్రయోగశాలలయందు కృషిచేసే శాస్త్రజ్ఞునికి అది స్వానుభవమైన యదార్థంగా భాసిస్తుంది. సిద్ధాంతము అభివృద్ధిచెందటం ఆయన కనిపెడు తూనేడంటాడు. అప్పుడప్పుడు ఆ సిద్ధాంతగతినిబట్టి ముందు జరుగనున్నదానిని గురించి జోస్యం చెబుతాడు; ఆయన సహచరులు వేలంకచోట దానిని పరీక్షించి అది నిజమయ్యేదీకానిదీ పరీక్షలుచేస్తారు. సిద్ధాంత నిర్మాణం క్రమశః ఒక యదార్థ తత్వమును నూచించేదిగా రూపొందుతుంది. సిద్ధాంత నిర్మాణ క్రమాభివృద్ధిని బోధపరచుకొనని బయటివారికి, యిదంతా గాలిలో మేడలు కట్టడంలాగా, వెరితనంలాగా కనిపిస్తుంది.

మామూలు విజ్ఞానవిషయ ప్రయోగ పరిశీలనముల కన్నా, పరమాణుబాంబు నిర్మాణ కార్యకలాప విషయము అతిక్లిష్టతరమైనదే. సాధారణంగా, జోస్యము చెప్పబడిన విషయము అనుభవైక వేద్యము కావడానికి ఎంతో ఆలస్యము

పట్లదు; చిన్నచిన్న ప్రయోగములద్వారా ఎంతో అభివృద్ధిని సాధించవచ్చును. ఇక పరమాణుబాంబు విషయంలో - సిద్ధాంతీకరణ జోస్యము, చిట్టచివరి ప్రయోగములో నిజమైనదీ కానిదీ తెలుసుకొనటానికిగాను, వేలకొలది పనివారలు, వివరీతమైన ధనం, కర్మాగారాలు, పట్టణాలు, రహస్యాలు, సైనిక శాఖ, నౌకాశాఖ, ప్రముఖ ప్రభుత్వాధికారులు, అత్యున్నత శ్రేణి శాస్త్రజ్ఞులు - అవసరమైనాయి.

1945 జూలై 16 వ తేదీనాడు నూర్యోదయానికి పూర్వమే ఆలయోగోర్డోలో సమావేశమైన తత్వవేత్తలకూ, సైనికాధికారులకూ దీనియొక్క సాధక బాధకాలు పూర్తిగా తెలిసినవే; మానవచరిత్రలో ఒక నూతన యుగమును తాము ప్రారంభించనున్నామని శాస్త్రజ్ఞులకు తెలుసును. యుద్ధకాలంలో యీ సమస్యతో వారంతా తలవట్లు పట్టిన వారే. వీరిలో చాలామంది, ప్రజాబాహుళ్యంమీద ఈ అస్త్రమును ఉపయోగించరాదని అధికార వర్గమునకు నివేదికలు సమర్పించినవారే. ఒక్క సైనిక పారిశ్రామిక సంబంధమైన సాధకబాధకాలే గాకుండా దీనివల్ల ఒనగూడే రాజకీయ నైతిక పరమైన కష్టనష్టాలుగూడా వీరు గ్రహించారు. ఈ విధమైన ఆలోచనలు దేనియందు కేంద్రీకరింపబడి యున్నవో దానితోనేవారు ప్రయోగం జరుపబోతున్నారు.

ఆలంకారిక నాటకసిద్ధాంతమైన అంత్య ఉత్కంఠ (Final suspense) అనేది యిక్కడ గూడా ఉన్నది. ప్రతి పని మొదటినుంచీ చివరవరకూ యంత్రములే చేసివేస్తాయి. ప్రతియంత్ర విభాగమునూ ఎంతో దక్షతతో సునిశితంగా

అమర్చారు. కొన్నిక్షణములవరకూ ఒక యంత్ర విభాగం పనిచేయ్యనని బిర్రబిగిసింది అందరూ ఆరాటపడటం మొదలు పెట్టారు. ఈ కార్యక్రమానికి సూత్రధారుడైన రాచర్ల F. బాచే మాత్రం ఏవిధమైన నిరుత్సాహమునూ తెండకుండా మనస్సును లగ్నంచేసి ఆ యంత్రభాగమును సరిచేశాడు. తర్వాత అనుకున్న ప్రకారం అంతా సక్రమంగా జరిగిపోయింది. ప్రేలుడు సంభవించింది. కాంతి, ఉష్ణము, ధ్వని, కేడియోధార్మికత విడుదలఅయినవి. అప్పటినుంచి దీనిఅగాదు (Blast) ప్రపంచానికి తెలిసిపోయింది.

ఇది చాలా ముఖ్యమైన విషయం. పరమాణుబాంబు యొక్క రహస్యములను గురించి మనమంతా వినే ఉన్నాము. వాటిని ఏవిధంగా కాపలా కాస్తున్నారో మనకు తెలుసును. ఈ విషయం మనకు మానవంగా రహస్యంగా ఉంచవలసినదీ, లేనిదీ ఎంతో ముఖ్యమైన సంగతోగూడా మనకు తెలుసును. గూఢ చాటులు అన్నిచోట్లా తిరుగులాడుతూఉన్నారు. రహస్యమనే పెనుగోడనుభేదించి కొంతవరకు వీరు ఫలోన్ముఖులై ఉండవచ్చును. పరమాణుబాంబునుగురించి ప్రాతిపదిక (fundamental) రహస్యములు ఏవీలేవని పాఠకుడు యీ వాటికి గ్రహించే ఉంటాడు. పరమాణుశక్తిని గురించి 1900 సంవత్సరములోనే తత్వవేత్తలకు తెలుసును. దీనికి సంబంధించిన ఆధారసమీకరణము (basic equation) 1905 లో ప్రవాయబడింది. పదార్థమును గురించీ శక్తినిగురించీ ఒక్కొక్క నూతన విషయం వెలుగులోకి రావటం ప్రారంభంకాగానే పరమాణు రూపేణ దీని అర్థం వ్యక్తం కాజొచ్చింది. దీనిని గురించి

గూఢరహస్యం ఏదైనా ఉంటే 1945 జులైలో మనం వెల్లడించి వేశాము. అనుక్రమ విక్రియద్వారా పరమాణుబాంబు నిర్మాణం సాధ్యం అవుతున్న విషయమే ఆ రహస్యం. ఆలమో గోర్డోలో జరిగిన ప్రేలుడే దానియొక్క అర్థం.

ప్రేలుడు సంభవం కావడానికి జరిపిన కార్యకలాపం, సోవియట్ యూనియన్ కూ జర్మనీకి గూడా ఆ దేశాల ఏజెంట్ల ద్వారా తెలిసిపోయింది. ఏ విషయమైతే మనం రహస్యంగా దాచాలనుకున్నామో అది వారికి హస్తగతమైనది. ఈ ఏజెంట్లలో జర్మన్ దేశంలో పుట్టిన క్లాన్ ఫున్ అనే ఆయన ఒకరు. ఈయన లాజ్ ఆల్ మాజ్ 'యిన్నర్ సర్కిల్' కాబట్టి ఆలమో గోర్డో, హీరాపీఠాలలో జరిగిన సంఘటనలు సోవియట్ ప్రభుత్వానికి ఆశ్చర్యం కలిగించలేదు. పరమాణు ప్రేలుడు పదార్థములను వృద్ధిచేయడానికి మనం ఎటువంటి కృషి చేస్తున్నామో, ఎంతవరకు అభివృద్ధి సాధించామో వారికి తెలుసును. లేనియడల, దాదాపు సగం దేశం శత్రువుల ధాటికి సతమతమౌతున్న సమయంలో, యీ విషయమును గురించి స్వయంగా ప్రయోగపరిశీలన జరపడానికి ఏ మాత్రమూ అవకాశం లేదు. కాని ఏజెంట్ల ద్వారా లభించిన నివేదికలు వారిని యిరువది పురకొల్పి ఉండవచ్చును. ఆ నివేదికల ద్వారానే-ఏవీ మార్గాలలో ప్రయోగపరిశీలనలు జరుపితే ఫలప్రదమౌతాయో, ఏ ఏ విధానాలు విఫలమౌతాయో అనే విషయము గూడా వారికి తెలిసి ఉండవచ్చును. అందువల్ల వారికి ప్రాథమిక ప్రయోగపరిశీలనలు అవసరమై ఉండకపోవచ్చును. ఒక్క వాక్యంలో చెప్పవలసివస్తే గూఢచారుల సహాయంవల్ల సోవి



యట్ యూనియన్ పరమాణు అస్త్రాల నిర్మాణ కాశలాన్ని తన కై వనం చేసుకొనగలిగింది.

అయితే, హీరోషిమా సంఘటన అనంతరం కొద్ది సంవత్సరాలలోనే సోవియట్ యూనియన్ పరమాణుబాంబులను తయారుచేయటం అన్నది మన రహస్యాన్ని కాజేయటం వల్లనే సాధ్యమైనట్లుగా భావించటం, చాలామంది అనుకునేట్లు భ్రాంతి కావచ్చును. యురేనియం విచ్ఛేదనము మొదలు పరమాణుబాంబు నిర్మాణంవరకూ అంచెలు అంచెలుగా మన తత్వవేత్తలు ఏ ఏ మార్గాలద్వారా ప్రయాణించి గమ్యం చేరుకోగలిగారో; అదేవిధంగా యితరదేశాల తత్వవేత్తలు గూడా చేయవచ్చును. నిజానికి 1941 లో బ్రిటిష్ వారు మన కన్నా ముందు ఉన్నారు. జర్మనీకి దగ్గరలో ఉండి బ్రిటన్ లోని కర్మాగారాల సగరాలు బాంబులు పరం కాకపోతే మనం ఎంతో నెనుకబడి ఉండేవాళ్ళం. యుద్ధరంగానికి మనం చాలా దూరాన ఉన్నాము. మనతోకలిసి పనిచేయడానికి బ్రిటిష్ వారు సమర్థులైన తత్వవేత్తలను పంపించారు. ఆవిధంగానే కెనడావారుకూడా చేశారు. మనకు సహాయం చేయడానికి డెన్మార్క్ నుంచి వియెన్నా బాహెర్ వచ్చారు. జర్మనీ, ఆస్ట్రీయా హంగరీ, ఇటలీలనుంచి కాందిశీకులుగా వచ్చినవారిలో అతి మేధావులు ఉన్నారు.

ఈ పురుషులు స్త్రీలూగూడా కాలానికి ఎదురు యీడారు. ఏ సమయాన్నో జర్మనులు వచ్చి మీదపడతారనో లేక, అనుక్రమ విక్రయ అనేది విఫలమౌతూందేమోననో - భయాందోళనలతో వీరికి చిత్తశాంతి లేకపోయినది.

అసలు యిది సాధ్యంకాదనిగూడా వారిలో కొందరు ఆశించారు. ముందు ముందు రాజకీయ సాంఘిక రంగాలలో వచ్చే కల్లోలం ముందుగానే ఊహించటంవల్ల, అసలు అనుక్రమ విక్రీయ అనేది సుభవంకాకుండా ఏ ప్రతిబంధకమో అడ్డుపడితే బాగుండుననికూడా వారు ఆశించారు. ఆ ప్రతిబంధకము ఎక్కడఉందో ఎవరికీ తెలియదు. అభివృద్ధి కార్యకలాపాలలో అది ఏ అంచెయందు అయినా అడ్డుపడి కార్యక్రమాన్ని పురోగమించకుండా ఆపివేయవచ్చును. అలాంటి ప్రతిబంధకం అనేది తొలగిపోయింది. ఆల్ మోగోరోలో జరిగిన ప్రయోగం వల్ల యురేనియం ప్లూటోనియములతో అనుక్రమ విక్రీయ సాధ్యం అని ఋజువయినది.

ఇప్పటికీ అనేకంగా సాంకేతికమైన, ఇంజనీరింగ్ సంబంధమైన రహస్యములున్నమాట వాస్తవం. ప్రాతిపదిక సంబంధమైన విషయాలు దీనిలో ఏమీఉండవు. మోటారు కార్ల నిర్మాణంలో వేర్వేరు కంపెనీలవారు ఒకరికి తెలియకుండా ఒకరు దాచుకునే రహస్యాలలాంటివే యివిగూడాను. కొద్ది కాలంలోనే సమర్థులైన ఇంజనీర్లు, సృజనాత్మకశక్తి గలిగిన వారు వాటికి మారుప్రతులు (Duplicates) తయారుచేయవచ్చును. ఇట్లా అవటంవల్ల, సాంకేతిక ఇంజనీరింగ్ కార్యకలాపమునకు ఆలంబనమైన సామర్థ్యత, మేధస్సు, చాకచక్యములను కించపరచటంగా అర్థం చేసుకొనరాదు. సామర్థ్యత మేధస్సు, చాకచక్యమూ అనేవి ఏ ఒక్కరిసొత్తూ కాదు.

మిగతా యుద్ధపరికరముల డిజైన్లవలెనే పరమాణు బాంబు డిజైన్ నుకూడా తలంపవచ్చును. మన జలాంతర్గా

ముల డిజైన్ ను మనం రహస్యంగా ఉంచుతున్నాము. టార్గెట్ డోలు, ఫిరంగులు, బాంబు నిర్మాణ కేంద్రాలు - యివిధంగా ప్రతి ముఖ్యమైన యుద్ధపరికరాన్ని మనం రహస్యంగా ఉంచుతున్నాము. మిగతా దేశాలుగూడా యిదే విధంగా చేస్తున్నవి. హిరోషిమా, నాగాసకీ వట్టణాలమీదవేసిన బాంబు డిజైన్లను మనం రహస్యంగా ఉంచాలని ప్రయత్నించాము. కాని విఫలమయ్యాయి. ఎనివెటా'క్, నెవాడాలో ప్రయోగ పరిశీలనలు జరిపిన నూతన పరికరముల విషయంలో గూడా యిదేవిధంగా చేయాలని మన ప్రయత్నం. ఈమాట మనం జాగ్రత్తగా ఉండవచ్చును. మన యత్నం చాలవరకూ సఫలీకృతం కావచ్చును. ఇది అంత ముఖ్యంకాదు పరమాణు అస్త్రములను అతిరహస్యంగా దాచిఉంచటంలో మనం కృతకృత్యులమైనట్లు చెప్పకొడటం అనేది అతిశయోక్తి మాత్రమే. యురేనియం విచ్ఛేదనా బాంబును గురించిగాని, దాని తర్వాత వచ్చిన అతిఅరిష్టకారి ఫ్యూజన్ బాంబును గురించిగాని ప్రాథమిక రహస్యమేమీ లేదు.



దాల్చి కమిషన్ వారు తమ బాధ్యతలను విజయవంతంగా నెరవేర్చగలిగారు. లాజ్ ఆల్ మాజ్ పరిశోధనాశాల ప్రపంచము లోని మిగతా పరిశోధనాశాలలకన్నా ఎంతో మిన్నగా రూపొందినది. ఉత్తమ శ్రేణి పరికరాలతోనూ సుప్రసిద్ధులైన శాస్త్రజ్ఞులతోనూ లాజ్ ఆల్ మాజ్ కళకళలాడింది. తేజః ప్రసారము (radiation) కారణంగా, హాన్ ఫోర్డ్ లోని ఫ్ల్యూనియంను ఉత్పత్తిచేయు పరమాణు కొలుములు నామరూపాలు లేకుండా పోతున్నాయి. వీటిని బాగుచేసి పునరుద్ధరించారు. ఫ్ల్యూనియం ఉత్పత్తిని అభివృద్ధిచేయటానికి మొదటినుండి ఉన్న మాడింటికీతోడు నూతనంగా మరికొన్ని స్థానికలను నెలకొల్పారు. ఫ్ల్యూనియమును రసాయనికముగా విభజించడానికి ఏలుకలుగుచట్లు సులభమైనదీ శక్తివంతమైనదీ అయిన ఒకవిధానం అమలులో పెట్టారు. జార్జియాలోని నవన్నాహ్ వద్ద ఫ్ల్యూనియమును ఉత్పత్తిచేసే మరొక కర్మాగారాన్ని నిర్మించటం ప్రారంభించారు. ఈ కర్మాగారంలో థర్మోక్లయిక్ అస్త్రాల నిర్మాణమునకు అవసరమైన ట్రిటియం - 'అధిక బార ఉదజని'ని ఉత్పత్తి చేయటానికిగూడా ఏర్పాటుచేశారు. థర్మోక్లయిక్ ఆయుధాలనుగురించి ముందు ప్రకరణంలో తెలుసుకుందాము.

వాయు విస్తరణాయంత్రాగారమునకన్నా అధికంగా ధనం వెచ్చించవలసి ఉండటంవల్ల జార్జియాలో విద్యుదయస్కాంత యంత్రాగారమును మూసివేశారు. వాయు విస్తరణాయంత్రాగారమును బాగా వృద్ధిచేశారు. మరి రెండు యంత్రాగారములను 'పడుచా'లోను పోర్ట్ మౌత్ లోనూ నిర్మించారు.

ఈ అభివృద్ధి కార్యక్రమాలకు బిలియన్లకొద్దీ ధనం వెచ్చించారు. 1946 నాటికి లభ్యమైనదానికన్నా యితోధి కంగా కేంద్రక విచ్ఛేదనా ప్రేలుడుపదార్థములు-పుటోనియం, యురేనియం - 235 లను సరఫరాచేశారు. సమిష్టిగా వీటి ఉత్పత్తి వ్యయం బాగాతగ్గింది పరమాణువుయొక్క వికాస శక్తి అణిచాక అయినది; ఒక డాలర్ వ్యయంతో మామూలు ప్రేలుడుపదార్థములనుంచి లభించే శక్తికన్నా ఒక డాలర్ వ్యయంతో లభ్యమయ్యే పరమాణు అస్త్రాల వినాశశక్తి ఎన్నో రెట్లు ఉంటుంది.

### 3. పరమాణు బాంబులు: పెద్దవి, చిన్నవి

కేంద్రకప్రేలుడు పదార్థముల (Nuclear explosives) సరఫరా వృద్ధి అవుతుండగా లాజ్ ఆల్ మాజ్ పరిశోధనా గారములో రకరకముల పరమాణు అస్త్రముల తయారుకు ప్రయత్నాలు జోరుగా సాగిపోతూ ఉన్నాయి. జయంట్ B - 36 బాంబరు విమానాలలో-హిరోషిమా నాగాసకీ పట్టణాలకు మోసుకొని పోబడిన పరమాణుబాంబులు అధికబరువు కలవి; అదుపులో ఉంచడానికి సాధ్యం కానివి. పరమాణు బాంబును ఆకట్టుకుని చుట్టూఉండే యంత్రభాగముల పరిమాణమును తగ్గించడానికి వీలవుతుందని నిర్ధారణ అయినది. ఉన్నచోట నుంచి బాంబరువిమానమునకు చేర్చడానికి యిప్పుడు అధిక ప్రయాస చెందనవసరంలేదు. పరమాణుబాంబును తుపాకి గొట్టంలోపెట్టి కాల్చడానికి గూడా వీలైనంత సౌలభ్యం ఏర్పడింది. పరమాణుబాంబుయొక్క పరిమాణం యీ విధంగా

కుదించి వేయటంవల్ల ప్రేలుడుశక్తిలోని ఉధృతం కొంతవరకూ తగ్గుతుంది. అందువల్ల విచ్ఛేదనాపదార్థంలో చాలాభాగం వ్యర్థం అవుతుంది. అయితే విచ్ఛేదనయిన స్వల్ప పదార్థం విడుదలచేసే శక్తి మామూలు ఫిరంగిగుండు శక్తికన్నా ఎన్నో లక్షల లక్షలకెక్కు ఉంటుంది.

బాంబు పరిణామంలో తగ్గుదలా, కేంద్రీక విచ్ఛేదనా పదార్థములు భారీయెత్తున లభ్యం కావడమూవల్ల పరమాణు అస్త్రాలు విస్తారంగా ఉత్పత్తి కావడానికి అవకాశం లభించింది. అపురూపమైనవిగా పెద్ద పెద్ద పారిశ్రామిక కేంద్రాలతోటి ఆనువంగిక లక్ష్యము (Strategic targets)ల మీద మాత్రమే ఉపయోగించడానికి వీలవుతుందనుకున్న పరమాణు అస్త్రాలు అధికంగా ఉత్పత్తి చేయడానికి మార్గం ఏర్పడటంతో భవిష్యత్ సంగ్రామంలో వీటిని వేలసంఖ్యలో కాకపోయినా వందల సంఖ్యలో ఉపయోగించడానికి అవకాశం చిక్కింది. చిన్న చిన్న ఆంగికలక్ష్యములు (Tactical targets) అయిన సైనిక పటాలములమీదా, వంతెనలమీదా శత్రువుల ఆవసర సరఫరా కేంద్రాలమీదా గూడా వీటిని వేయవచ్చును.

ఆంగిక పరమాణు బాంబులను గురించి చాలామంది అపార్థం చేసుకుంటారు. జపాన్ నగరాలమీద ఉపయోగించిన బాంబులకన్నా స్వల్ప పరిమాణ విచ్ఛేదనా భారముగల బాంబులు అని వీరి అభిప్రాయము. అంతేగాకుండా పెద్ద పెద్ద పరిమాణాలలో నిర్మించే కొద్ది బాంబుల ద్రవ్యరాశితో ఎన్నో చిన్న బాంబులను నిర్మించవచ్చునని వీరి భావం. అయితే ఒక్క విషయం ముఖ్యంగా జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి.

అనధి పరిమాణం (Critical size) అనే దానిని మాత్రము ఏ విధంగానూ నిర్మించడానికి వీలులేదు. కాబట్టి, ఆంగికలక్ష్య పరమాణుబాంబు అనేది, స్వల్పమైన విచ్ఛేదనా పదార్థము గలిగిన బాంబుగా భావించడానికి వీలులేదు. ఈ బాంబులో పూర్తి విచ్ఛేదనా భారము (Fissionable load) ఉంటుంది. అయితే దీనిని కూర్చడానికి మోసుకొనిపోవడానికి అవసరమైన పరికరాలు మాత్రం చిన్నవిగానూ తేలికగానూ ఉంటాయి. కొద్దిపాటి ఉపాంగముల సహాయంతో యిది తన గమ్యాన్ని చేరగలదు.

ఆంగికలక్ష్య (Tactical) పరమాణుబాంబుల అభివృద్ధిలోపాటు శక్తివంతములైన ఆనుషంగిక (Stratagical) పరమాణుబాంబులు కూడా అభివృద్ధి చెందాయి. 1953 డిశంబరులో వెలువడిన 'పెసిడెంట్ ఐసన్ హోవర్' నివేదికనుబట్టి, హిరోషిమా బాంబువకన్నా సాతికరెట్లు శక్తివంతమైన అనగా 400,000 టన్నుల Tnt శక్తితో సరిమానమైన శక్తిగలిగిన పరమాణుబాంబులు నిర్మింపబడి వర్తూ చేయబడినవి.

కారు చౌకగా రకరకాల పరమాణు అస్త్రాలు కోకొల్లలుగా లభ్యమౌతూ ఉన్నందువల్ల అమెరికా తనయొక్క ఆయుధ ఉత్పత్తి శక్తినంతా అణ్వస్త్రాల వుత్పత్తిమీద కేంద్రీకరించాలనీ, తద్వారా తక్కువ ఖర్చుతో మిగతా దేశాలకన్నా పైచేయిగా ఉండవచ్చుననీ 1951 లో బ్రియన్ మాల్ మహన్ సూచించాడు. అమెరికన్ మిలటరీ వ్యూహారచనా నిపుణులూ అభిప్రాయమునకు క్రమశః అలవాటు పడిపోయారు.

1954 నాటికి, యిదే అమెరికన్ దేశంయొక్క అధికారి  
ఉ్యహారచనాసిద్ధాంతం అయింది.

100.000 మంది ప్రాజికాలను బలిగాని హిరోషిమాను  
సర్వనాశనంచేసిన పరమాణుబాంబునకన్నా యిరవైఅయిదు  
రెట్లు అధికవినాశ శక్తికలిగిన బాంబు అతి భయంకరమైనదే.  
కాని యుద్ధధర్మమాలసి రూపొందిన మరొక దారుణాస్త్రం-  
థర్మోన్యూక్లియర్ లేక ఉదజనిబాంబు వినాశశక్తిముందర  
యిది సోదిలోనికికూడారాదు. ఇంతకుముందు మనం ముచ్చ  
టించుకున్న బాంబులకన్నా యీ ఉదజనిబాంబు విలక్షణ  
మైనది కావటంవల్ల వేరే మరొక ప్రకరణకలో దీనిని గురించి  
తెలుసుకుందాము.

#### 4. ఇతరదేశాలు పరమాణు బాంబులను

సాధించినవి

హిరోషిమా నాగాసకీ నగరాల విధ్వంసముతోనూ,  
స్కిత్ నివేదిక వెలువడటంతోనూ పరమాణుబాంబుల ఉనికి  
వెల్లడిఅయిపోయింది. ఇలాంటి ఆయుధాలు యితర దేశాలకు  
ముఖ్యంగా సోవియట్ యూనియన్ కి లభ్యం కావడానికి ఎంత  
కాలం పడుతుందో అనే విషయాన్ని గురించి ఊహాగానాలు  
ప్రారంభమైనాయి. కొందరు మిలటరీ అధికారులు, రాజకీయ  
నాయకులూ పది మొదట యిరవై సంవత్సరములవరకూ పట్ట  
వచ్చునన్నారు. శాస్త్రజ్ఞుల అభిప్రాయం యీ విషయంలో  
వేరుగా ఉన్నది. హాస్సెబెథ్, ఫ్రెడరిక్ సైట్స్ పండితులు  
చాలాజాగ్రత్తగా ఆలోచించి తమ అభిప్రాయమును ప్యక్తం



చేశారు. అందుబాటులో ఉన్న సమాచారముల ఆధారము వల్ల సోవియట్ రష్యా అయిదు సంవత్సరముల కాలంలో స్వయంగా పరమాణుబాంబులను ఉత్పత్తి చేసుకొనగలుగుతుందని వీరు అంచనా వేశారు. హిగ్‌షిగూపశస్త్రమై నాలుగు సంవత్సరములన్నా కాకుండానే సోవియట్ యూనియన్ తన ప్రథమ పరమాణుబాంబు పాటవాన్ని పరీక్షించింది. ఈ విషయాన్ని 1949 సెప్టెంబర్ 23 న ప్రెసిడెంటు ట్రూమన్ వెల్లడించాడు. యుద్ధకాలంలో పరమాణుఅస్త్రముల నిర్మాణమునకు అమెరికా చేసిన ప్రయోగపరిశీలన రహస్యములు, గూఢచారులద్వారా రష్యావారికి చేరటంవల్ల, వారు యీ విషయంలో ఆశ్చర్యకరమైన అభివృద్ధిని సాధించడానికి అవకాశం ఏర్పడిఉంటుంది. గూఢచారుల నివేదికలు, భారీఎత్తున పరమాణు అస్త్రాల ఉత్పత్తిని కొనసాగించడానికి రష్యావారిని పురికొల్పి ఉంటాయి. సోవియట్ తత్వవేత్తలు ప్రాథమిక ప్రయోగపరిశీలనలు జరుపవలసిన అగత్యం లేకుండా చేసి ఉంటాయి. అంతే గాకుండా యీ నివేదికలే, త్వరితగతినీ ధర్మోన్మూక్తియర్ అస్త్రాల ఉత్పత్తినికూడా పురికొల్పి ఉంటాయి. అందువల్లనే అమెరికనులకన్నా ఒక సంవత్సరం ముందుగానే రష్యనులు ధర్మోన్మూక్తియర్ అస్త్రమును ప్రేల్చి పరీక్షించటం జరిగింది.

సోవియట్ యూనియన్ లో జరిగిన మొదటి రష్యన్ పరమాణుబాంబు ప్రయోగ పరిశీలనకూ మొదటి ధర్మోన్మూక్తియర్ అస్త్రప్రయోగ పరిశీలనకూ మధ్య నాలుగు సంవత్సరాల కాలంలోనూ మరోరెండు పరమాణు అస్త్రప్రేలుల్ను

మాత్రమే జరిగినట్లుగా అమెరికన్ అధికారులు ప్రకటించారు. గాలిలో ప్రేలిళ్ళు అణ్వస్త్రాలనుంచి విడుదల అయ్యే కేడియో ధార్మికత, వాతావరణానికి ప్రభాగంలో మేఘాలవలె ప్రపంచం చుట్టూ తిరుగుతూ ఉంటుంది. ఈ మేఘాలనుబట్టి అణ్వస్త్ర ప్రయోగం జరిగినట్లు శాస్త్రజ్ఞులు తెలిసికొనగలుగుతారు. ఈ సమయంలోనే A E C వారు ఘమారు మూడు డజనుల పరమాణు బాంబులను పరీక్షించారు. మొదట పసిఫిక్ లోని బికినీలోను, తర్వాత నెవాడా టెస్ట్ గ్రౌండ్స్ లోనూ, మళ్ళీ పసిఫిక్ లోని ఎనివెటాల్ లోనూ పరీక్షించారు. రష్యాకన్నా అధికంగా అమెరికాకు రకరకాల అణ్వస్త్రాలు ఉన్నాయని దీనినిబట్టి మనం అనుకునేందుకు వీలు కలుగుతుంతు. అయితే, అమెరికాను, వశ్చిమ యురోపును మాత్రమే గాకుండా ప్రపంచంలోని ప్రధాన లక్ష్యాలను (Target) కూడా నాశనం చేయుటకు సరిపడినన్ని అణ్వస్త్రాలను సోవియట్ యూనియన్ కొద్ది సంవత్సరములలోపునే సాధింపవచ్చును. పరమాణు బాంబులను కలిగిఉండటమే ముఖ్యంగాదు, వాటిని మోసుకుని పోగల సాధనాలుగూడా అతిముఖ్యమే. ఈ రంగంలోకూడా అమెరికాకన్నా వెనుకబడిఉన్నప్పటికీ సోవియట్ యూనియన్ ఎంతో పురోగమిస్తోంది. గ్రీన్ లాండ్ మొదలు లిబియావరకూ ఓకినావానుంచి అలాస్కావరకూ విమానస్థావరాలను కలిగి ఉండటం అమెరికా విషయంలో పెద్ద అదృష్టం అనే చెప్పాలి. ఈ స్థావరాలనుంచి సోవియట్ యూనియన్ మీద పరమాణు దాడి సాగించవచ్చును. ఇక సోవియట్ యూనియన్ వాయు మార్గాన్న అమెరికాను జేరాలంటే తన స్వంత స్థావరాల

నుంచి బయలుదేరి ఉత్తరధ్రువ ప్రాంతంమీదుగా రావలసి ఉంటుంది. మరొక చెంప, రహస్యంగా తీరం పొలిమేరలకు చేరి నౌకలూ జలాంతర్గాములూ ప్రారంభించే పరమాణు దాడికి అమెరికాయొక్క రెండు దీర్ఘతీరరేఖల పొడవునా ఉన్న అనేక నగరాలు గురిఅయ్యే అవకాశం ఉన్నది. అమెరికా, పశ్చిమ యూరోపులకివలె సోవియట్ యూనియన్ లో ప్రజా బాహుళ్యం పరిశ్రమలు కొద్ది నగరాలలోనే కేంద్రీకరించబడి ఉండకుండా దేశమంతా విస్తరించి ఉండటంవల్ల దాడికి పూర్తిగా ఎరగాకుండా తప్పించుకొనవచ్చును.

యుద్ధానికి అనంతరం ఆర్థికవ్యవస్థలు పూర్తిగా దెబ్బ తిన్నందువల్ల పశ్చిమ యూరోపుదేశాలు. స్వయంగా తాము పరమాణు అస్త్రాలను నిర్మించగలగటం అసాధ్యమనీ, అంత ర్జాతీయ కంట్రోలువిధానం ఏదైనా రూపొందితే తద్వారా సోవియట్ యూనియన్ లోనూ అమెరికాలోనూ గూడా పరమాణుఅస్త్రాల ఉత్పత్తి నిలిపివేయబడవచ్చుననీ వారు భావించారు. ఈ ఆశ వెనుకబడిపోయింది. చాలా దేశాలలో క్రమశః ఆర్థికవ్యవస్థ చక్కబడింది. పరమాణుశాంబులను నిర్మించడానికి వీలైనంతపరిమాణంలో బ్రిటన్ ఫ్లటోనియమును ఉత్పత్తి చేయడానికి ఇది ప్రారంభించింది. కంబర్ లాండ్ లోని సెల్లాఫీల్డ్ వద్దా హాన్ ఫోర్డ్ రకం ఫ్లటోనియం ఉత్పత్తిస్థానికలను నిర్మించారు. దీనిలో ఉత్పత్తి అధికం కావటం మొదలుపెట్టగానే నమూనాబాంబులను తయారుచేసి, పరీక్షలుచేయటం ప్రారంభించారు. ఆస్ట్రేలియాకి వాయవ్యతీరాన ఉన్న మాంటిబెల్లో

ద్వీపమునందు 1952 అక్టోబర్ 1 న మొదటిది, దక్షిణ ఆఫ్రికా  
యూలోని ఎడారిలో 1953 అక్టోబర్ 15, 27 తేదీలలో  
రెండవది, మూడవది బాంబులు ప్రేల్చబడినవి.

ప్రభువువారు పరమాణు రియాక్టర్లవరకుమాత్రమే తమ  
కార్యక్రమం పరిమితం చేసుకోవాలనీ, అణ్వస్త్రాల జోలికి  
పోకూడదనీ మొదట అనుకున్నారు. కాని ఇటీవల పుటోనియం  
ఉత్పత్తి స్థానికల నిర్మాణానికి పథకాలు తయారుచేస్తున్నారు.  
ఒకసారి ఉత్పత్తిగనక ప్రారంభమైతే తర్వాత పరమాణుబాంబు  
వైపుకు దృష్టిమార్చక తప్పదు.

పరమాణు అస్త్రనిరాయుధీకరణమునకు సుస్థిరమైన  
ఒప్పందమీద కుదరకపోతే, అగ్రరాజ్యాలు పోటీలుపడి ఉత్పత్తిని  
అధికతరం చేస్తాయి. ప్రపంచాన్నంతా సమూలంగా  
నాశనము చేసివేయగలిగినన్ని పరమాణు బాంబులనూ, ఉడ  
జని బాంబులనూ 15, 20 సంవత్సరాలలో యివి కలిగి  
ఉంటాయి. మిగతా దేశాలుగూడా తమ ఆయుధాగారము  
లలో నమూనా పరమాణు బాంబులను కలిగి వుండవచ్చును.  
అణ్వస్త్రాల కారణంగా ఒకరిని చూచే మరొకరు భయభ్రాంతు  
తాతున్నప్పుడు సుస్థిరమైన శాంతి ఎక్కడనుంచి వస్తుంది.  
మానవజాతి యావత్తూ ఆజన్మాంతమూ ఏక్షణాన్న నాశనమై  
పోతామో అనే ఆరాటంతోనే మనుగడ సాగించవలసి  
వుంటుంది. దీని నివారణకు ఒకటే మార్గం ఉన్నది. తమ  
చిత్తం వచ్చినట్లు అణ్వస్త్రములను ఉత్పత్తిచేసి పునయోగించ

ఊటకు ప్రవ్విళ్ళూరే అగ్రరాజ్యాధికత్యను నామరూపాలు  
అధికారంలేకుండాచేసి, దానిస్థానే, నిరాయుధీకరణను అమలు  
జరచేటట్లుచేయగల విశ్వవ్యాప్త అధికారము స్థాపించబడాలి.

కొందరు మరోమార్గంగూడా వున్నదని చెప్పవచ్చును  
అన్ని దేశాలూ తమ ఆధిక్యాన్ని కాపాడుకుంటూ, పరస్పర  
ఒప్పందాలవల్ల పరమాణుఅస్త్రాలను వదులుకుని అమెరికా  
కెనడాలవలెనే అన్యోన్యంగా ఉండవచ్చునుగదా? ముందు  
ముందు ఏంజరుగుతుందో చూడవలసిఉన్నది.



## X

### శ్రేష్ఠతరమైన బాంబుల ఉత్పత్తి

(SUPER BOMBS)

ఇప్పుడు మనం చర్చించబోతున్న కొత్తరకం పరమాణు బాంబును మన హట్టన్ ప్రాజెక్టు తత్వవేత్తలు, శ్రేష్ఠతరమైన బాంబు (Super bomb) గా పేర్కొన్నారు. విజ్ఞానశాస్త్రపరిభాషలో దీనికి థర్మోన్యూక్లియర్ బాంబుగా నామకరణం జరిగింది. ఈ బాంబులను సంఘటిత (fusion) బాంబులనికూడా పిలుస్తున్నారు. మామూలు పరమాణుబాంబులలో విచ్ఛేదన కారణంగా పెద్దదైన కేంద్రకము రెండుభాగాలుగా పగిలి పోతుంది. ఈ నూతనరకమైన బాంబులలో విక్రియమీద ఆధారపడి రెండు సూక్ష్మకేంద్రకాలు సమ్మిలితమై శక్తిని విడుదలచేస్తాయి.

ఈబాంబులందు-అపురూపమైన ఐసోటోపు రూపంలో ఉదజని ముఖ్యభాగంగా ఉండటంవలన వీటికి ఉదజనిబాంబులనీ లేక H - బాంబులనీకూడా సార్థకనామధేయం ప్రచారంలోనికి వచ్చింది. ఈ విధంగానే ఇంతకుపూర్వం విచ్ఛేదనబాంబులకు A - బాంబులని పేరువచ్చింది.

ఈ నూతన రకమైన పరమాణు అస్త్రనిర్మాణము తద్వారా కేంద్రక పదార్థవిజ్ఞానము ఎంత అభివృద్ధిచెందినదీ మనం తెలుసుకుందాము.

15 సంఖ్యను తలకిందులుగా చూస్తే - ఒక లోయ యొక్క అర్థ విభాగమును - నిటారుగాడన్న కుడిగట్టునూ, వాలుగాడన్న ఎడమగట్టునూ సూచిస్తుంది. ప్రోటానులు న్యూట్రానులయొక్క స్థిరమైన అమెరికను లోయ అడుగు భాగం సూచిస్తుంది. ఇవి ఇరుమునకు పరిసరంలోఉన్న మూల పదార్థములు. యురేనియములాంటి బరువైన మూలపదార్థముల కేంద్రకములు, ఉదజనిలాంటి అతితేలికయైన మూల పదార్థముల కేంద్రకములు - రెండు గట్లమీదా ఆ స్థిరనిర్మాణాలుగా సూచింపబడతాయి. గట్లమీదనుంచి లోయలోకి ప్రవహించే నీటిచేత చక్రమును త్రిప్పనట్లు చేయవచ్చును; అదేవిధంగా ఈ మూలపదార్థ కేంద్రక భారమును తక్కువ ఎక్కువలు లేకుండా మధ్యమార్గంగాచేసి తద్వారా శక్తిని విడుదల చేయించవచ్చును.

ఇంతవరకూ, ఎడమవైపు గట్టునుగురించి అనగా-యురేనియం లేక థోరియం విచ్ఛేదనతో బేరియం, క్రిప్టాన్, యింకా యితర మధ్యరకం భారముగలిగిన మూలపదార్థములుగా మారటం గురించి మనం ముచ్చటించుకున్నాము. అధికభారము గలిగిన రసాయనముల పదార్థములు భారీవత్తున శక్తి విడుదల చేసే సామర్థ్యమును కలిగివున్నాయి. ఎందువల్లనంటే యీ శబ్దమునంచి ఒక్కరాయని కదిలించినా అది క్రిందకు దొల్లు కుంటూ పోవునప్పుడు విపరీతమైన వేగాన్ని పుంజుకుంటుంది

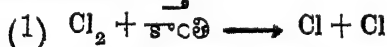
ఆవర్తన పద్ధతి (Periodic system)లోని తేలిక భారము గల మూలపదార్థములకు యీ అదృష్టం లేదు. అంటే, తేలిక మూలపదార్థములతో వివరీతమైన ప్రేలుడు సంభవించే ట్లు చేయటం అసాధ్యం అని అర్థంకాదు. కాని ప్లూటోనియం యురేనియం - 238లతో కేంద్రక విచ్ఛేదన విక్రియ ప్రారంభంకావడానికి ఎంత సులభమో అంత సులభంగా తేలిక భారము కలిగిన మూలపదార్థముల విక్రియ ప్రారంభంకాదు. విచ్ఛేదనా పదార్థద్రవ్యరాశి లోనికి ఒక్క న్యూట్రానును ప్రవేశపెట్టగానే అనుక్రమ విక్రియ జరిగిపోయింది. అదే విధంగా తేలిక భారము గలిగిన మూలపదార్థముల విషయంలో గూడా జరగనలెనంటే వీటిని వివరీతంగా వేడి చేయవలసి వుంటుంది.

అన్ని అనుక్రమ విక్రియలకూ ఒక స్వామ్య ధర్మం ఉన్నది. ఒక కణముయొక్క పరివర్తన-కేంద్రకము, పరమాణువు, అణువు, తమతోబాటు మిగతావిగూడా పరివర్తన చెందునట్లుచేస్తాయి. ఇది సాధ్యమయ్యేటట్లు చేసే రెండు విధానాలు ఉన్నాయి. వీటిని కణ అనుక్రమాలు (Particle-chains) అనీ ఉష్ణ అనుక్రమాలు (Thermal chains) అనీ అనవచ్చును. మొదటిపద్ధతిని అనుసరించి విక్రయ ఒక కణంతో ప్రారంభం అవుతుంది. ఇది యితర కణాలను ఉత్పత్తిచేసి విక్రియ కొనసాగేటట్లు చేస్తుంది. ఇక రెండవపద్ధతి: బాగా వేడి చేయటంవల్ల విక్రియప్రారంభమై అధిక ఉష్ణమును ఉత్పత్తి చేసి బాగా విస్తరిస్తుంది.

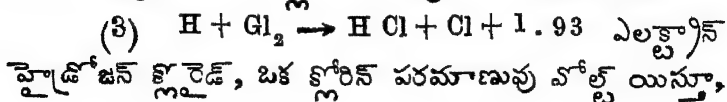
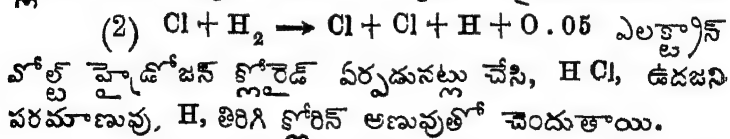


అణుగర్భ రసాయన శాస్త్రము (Nuclear chemistry) లో ప్రేలుడు విచ్ఛేదనా, ప్రేలుడు సంఘటనా అనేవి యీ రెండురకముల విక్రియా పద్ధతులకూ ఉదాహరణములు. సామాన్య రసాయన శాస్త్రములో వీటి రెండింటికీ పోలికలు ఉన్నాయి. పరమాణుబాంబునకూ, ధర్మోన్యూక్లియరు బాంబునకూ గల తేడాలను తెలుసుకోవడానికి యీ ఉదాహరణ బాగా ఉపకరిస్తాయి.

డైన్ టైట్, ట్రెనిట్రాటుల్మున్, అంతర్దహన యంత్రములోని గాసోలీన్ ఆవిరి మొదలైన ప్రేలుడు పదార్థముల కన్నీటికి ఉష్ణ అనుక్రమ విక్రియ (Thermal Chain Reaction) అనేది సర్వసామాన్యమైన లక్షణము. రసాయన శాస్త్రములో కణ అనుక్రమం (Particle Chain) అనేది చాలా అపురూపమైన విధానం. దీనికి, కాంతి కిరణంచే ప్రారంభింపబడే క్లొరిన్ ఉదజనివాయువు మిశ్రమయొక్క విక్రియను ఉదాహరణంగా చెప్పవచ్చును. కాంతి పరిమాణం (Light Quantum) క్లొరిన్ అణువుచే పీల్చివేయబడి అది రెండు అణువులుగా విచ్ఛేదమగునట్లు చేస్తుంది.



క్లొరిన్ పరమాణువులు ఉదజనిఅణువులచే విక్రియ చెందుతాయి



క్లోరిన్ లేక ఉదజని (తక్కువపరిమాణంలో ఏది వుంటే అది, అంతా హరించిపోవువరకూ 2 ఎలక్ట్రాన్ ఓట్లుల కన్నా కొంచెం తక్కువగా శక్తిని విడుదలచేస్తూ ఉంటుంది. అణుగర్భ అనుక్రమ విక్రియా విచ్ఛేదనమునకూ, యీ రసాయన అనుక్రమ విక్రియకూ గల పోలిక యిప్పుడు సులభంగా విశదపాతుంది. విచ్ఛేదనను ప్రారంభించే న్యూట్రాన్ పాత్రనే 'కాంతిపరిమాణం' గూడా ధరిస్తుంది, విక్రియను కొనసాగించే విచ్ఛేదన న్యూట్రానుల (Fission neutrons) పాత్రనే H, Cl పరమాణువులు ధరిస్తాయి.

ఇక్కడ ఒక్క-విషయం గుర్తించాలి. ఈ రెండుపద్ధతుల యందూ అనుక్రమాన్ని - తాటస్థ్యకణములు : H, Cl లేక న్యూట్రాన్ పరమాణువులు కొనసాగిస్తాయి. సమ్మిళిత విక్రియలలో (Fusion reactions) న్యూట్రానులు విక్రియవాహకములుగా పనిచేయలేదు. ధనవిద్యుత్ ప్రేరణగల్గిన కేంద్రకములు నేరుగా విక్రియ జెందవలసిఉంటుంది. అవి, ఒకదాని నొకటి విపరీతంగా వికర్షించుకొనునట్టివి అవటంవల్ల, విపరీతమైన గతివేగం (Velocity) కల్పించి వికర్షణకు లోనుగాకుండా చేస్తేనే విక్రియ సాధ్యం అవుతుంది. తేలిక కేంద్రకకణముల మధ్య వికర్షణకు గాను విపరీతమైన ఉష్ణశక్తి అవసరం ఎందుకనో దీనినిబట్టి మనకు బోధపడుతుంది. బాంబులోని సమ్మిళిత విక్రియవలె గాకుండా రసాయన అనుక్రమవిక్రియ ఒక క్రమ పద్ధతి (Liner) లో ఉంటుందేగాని, శాఖ (Branch) లైపోదు. మరో విధంగా చెప్పవలెనంటే, 1, 2, 3 సమీకరణాలలో చూపిన రీతిని అంచలవారీగా ఒక క్రమంలో ముందుకు సాగు

తుంది. ఎందువల్లననగా ఒకొక్క అంచె ఒకొక్క కణమును మాత్రమే ఉత్పత్తి చేస్తుంది. ఇది విక్రియను ముందుకు తీసుకు పోతుంది. ఇదే విచ్ఛేదన విక్రియలో గనక అయితే తడవకు 2,3 కణాలు పుడతాయి. ఆ తర్వాత అంచె క్రితం అంచె కన్నా రెండుమూడురెట్లు అధికవేగం గలిగి ఉంటుంది. పరమాణు రియాక్టర్లలో అనుక్రమ విక్రయ స్థిరంగా కొనసాగడానికిగాను విచ్ఛేదనా విధానవేగమును, న్యూట్రానులను పీల్చుకునే కంట్రోలు కడ్డీలను ఉపయోగించి, కృత్రిమంగా అదుపులో ఉంచుతారు.

అయినప్పటికీ, కాంబికిరణంచే ప్రారంభమైన క్లోరిన్-పుడజని విక్రియ, ప్రేలుడుతో పరిసమాప్తమౌతుంది. విక్రియ తొట్టి (Reaction Vessel) పరిమాణము ఆకారము. దానియందున్న వాయువుల ఒత్తిడి తగినట్లుగా వుండి సమీకరణములో ఉత్పత్తి అయిన విక్రియ ఉష్ణము (Reaction heat) ను అతివేగంగా తీసుకొని వెళ్ళక పోతేనే యిది సిద్ధిస్తుంది. అనుక్రమం కొనసాగుతూ వుండగా వాయువు క్లోరిన్ ఉదజని అణువుల మధ్య నేరుగా విక్రియ సాధ్యమయేంతవరకూ వేడి ఎక్కుతుంది. (4)  $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl + 1.88$  ఎలక్ట్రాన్ వోల్ట్లు విక్రియవల్ల సరఫరా అయిన ఉష్ణము, వాయుద్రవ్యరాశి యింకా అధికంగా వేడి ఎక్కునట్లు చేస్తుంది. ఈ విధంగా విక్రియలు (2), (3), (4) అతివేగంగా జరుగునట్లు చేస్తుంది. క్రమబద్ధమైన కణ అనుక్రమము, ఉష్ణముతోకూడిన ప్రేలుడుతో అంతమౌతుంది.

ఇండాకటి ఉదాహరణలో తెలియచేసినట్లుగా ఉష్ణముతో కూడిన ప్రేలుడు, కణ అనుక్రమంతో ప్రారంభం కావలసిన అవసరం లేదు సర్వసాధారణంగా ఉష్ణముతో కూడిన ప్రేలుడు, బయటనుంచి సరఫరా అయ్యే ఒక నివ్వరవ్వ, జ్వాల, లేక ఉష్ణము ఉత్పత్తిచేసే రసాయన విక్రియతో సాధ్యం అవుతుంది.

సంప్రటికరణ కారణాంకము (Packing Factor) యొక్క వంపు మొట్టమొదట కనుగొనబడినప్పుడు, తేలికయైన అస్థిక మూలపదార్థములతో ఉష్ణముతో కూడిన ప్రేలుళ్ళు సాధ్యం కావచ్చునని నూచింపబడినది. (15వ చిత్రంచూడండి) విచ్ఛేదనా బాంబుల అవతరణకు పూర్వము ధర్మోన్మాక్టియర్ ప్రేలుడు అస్త్రములను తయారుచేయడం అసంభవంగా తోచింది. ఇట్లా ఎందువల్ల అనుకోవలసివచ్చిందో విశదీకరించటానికి రసాయనశాస్త్రము వైపునకు మనం తిరుగుముఖంపట్టి శక్తియొక్క లక్షణాలను గురించి కొన్ని విషయాలు తెలుసుకుందాము.

అస్థిరమైన ప్రపంచంలో మనం జీవిస్తున్నాము. మన స్వంత శరీరాలు, కొయ్య, బొగ్గు - భూమిమీదగల సమస్తేంద్రియ పదార్థములూ (Organic Matter) దహింపబడు శక్తి గలవి. అంటే, ప్రాణవాయువు, విక్రియను ప్రారంభించుటకు ఒక ఏజెంటు: అగ్ని, (విద్యుచ్ఛక్తి) గనక లభ్యమైతే యివి దహింపబడతాయి. శరీరములోని ఉచ్చాస నిశ్వాసములు, సేంద్రియపదార్థ నశింపూ అనేవి మందగతి దహనములు. జుతు శరీరములలోఉండే ఎన్జైమ్స్ అనే ఒక రకమైన

సంయోగ పదార్థముల ఉత్పేరక చర్య (Catalytic Action) కారణంగా యీ దహనకార్యం జరుగుతున్నది.

సేంద్రియ పదార్థముల దహనచర్య శక్తిని విడుదల చేస్తుంది. ఈ శక్తి విడుదల అయేటట్లు చేయవలసంటే, ఏపదార్థమునుంచి మనం శక్తిని కోరుతున్నామో ఆ పదార్థానికి ముందుగా మనం కొంత శక్తిని సరాఫరాచేయాలి. కర్రపుల్ల మండవలెనంటే దానికి ముందుగా కొంత వేడిని అందచేయాలి. ఈ రసాయన ప్రోద్బలశక్తి (Chemical Activation) లాంటిదే యాంత్రిక కృషి (Mechanical Effort) గూడా. యాంత్రిక కృషివల్ల కొండ శిఖరాన ఉన్నరాయి కదిలింపబడగానే కొండవాలుమీదుగా లోయవైపు దొర్లటం ప్రారంభిస్తుంది. ముందుకు పోనుపోనూ ఆరాయి విపరీతమైన వేగాన్ని పుంజుకుంటుంది. శాస్త్రపరిభాషలో ఆరాయిఉన్న స్థలనుంచి కదలక పూర్వం (లేక సేంద్రియ పదార్థమునకు బయటశక్తి లభ్యం కాకపూర్వం) అత్యల్పస్థితిజ పరిస్థితి (Potential Minimum) లో ఉన్నది; స్థిరమైన యాంత్రిక (లేక రసాయనిక) తులనామ్యము (Equilibrium) సిద్ధించడానికి దానిని స్థితిజ ప్రతిబంధకము (Potential Barrier) మీదుగా త్రోసి ముందుకు పంపించవలసిఉన్నది. రాయి విషయంలో భూమ్యాకర్షణశక్తి (Gravitation), రసాయన విధానముల విషయంలో విద్యుత్ శక్తులూ స్థితిజ ప్రతిబంధకాలు కావచ్చును. రసాయన విధానములలో - విక్రియ ప్రారంభం కావాలంటే అణువులూ పరమాణువుల మధ్యనున్న ఆకర్షణ - లేక వాటిలోఉండే ఎలక్ట్రాను ఆ కేంద్రకాల ఆకర్షణ తొలగింపబడవలసి ఉంటుంది.

ప్రతిబంధకాలను తొలగించడానికి ఉపయోగించే శక్తిని ప్రోద్బల శక్తి (Activation Force) అని అంటారు. ఇది సాధారణంగా 'వేడిచేయటం' ద్వారా లభ్యమౌతుంది-అంటే అణువులనూ పరమాణువులనూ తీవ్రంగా స్పందింపజేయాలి, విపరీతమైన శక్తితో ఢీ కొనటట్లు చెయ్యాలి గంటకు 10 మైళ్ళు వేగంతో పోయే కార్లు రెండు ఒకదానితో ఒకటి ఢీ కొన్నప్పుడు, దాని అగాదు (Impact) ముందు భాగాలు వంగునట్లు సాట్లు పడు నట్లు మాత్రమే చేయగల శక్తిగలిగిఉంటుంది. ఆ కార్లే గంటకు 50 మైళ్ళు గనక గుడ్డుకున్నట్లయితే, వాటి ఉక్కు శరీరాలు ముక్కచెక్కలవుతాయి. ఇదేవిధంగా తక్కువ ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రతలలో అణువులు ప్రవర్తిస్తాయి. 10 డిగ్రీల సెంటిగ్రేడునకు వేడిచేస్తే వాటివేగం రెట్టింపు అవుతుంది. రసాయన విక్రియయొక్క వేగము, ఉష్ణముతో గుణోత్తర శ్రేణి (Geometrical Progression) లో వృద్ధిచెందుతుంది. 20 డిగ్రీల సెంటిగ్రేడు ఉష్ణముతో 10 సంవత్సరాలలో పరిసమాప్తిఅయ్యే రసాయన విక్రియను, 100 డిగ్రీల సెంటిగ్రేడుతో 14 రోజులలోనూ, 200 డిగ్రీలతో 20 నిమిషాలలోనూ 300 డిగ్రీలతో 1 సెకన్లలోనూ పూర్తి అవునట్లు చేయవచ్చును.

ఏ ఉష్ణోగ్రతలోనైనా అణువుల సగటుశక్తి, ఉష్ణోగ్రత యుగ్మనిష్పత్తిలో ఉంటుంది. అయినప్పటికీ అన్ని కణములలోనూ యిది సరిసమానంగా పంపకం చేయబడి ఉండలేదు. ఒకానొక రాసిగణనపంపకసూత్రము (Statistical distribution law) ను అనుసరించి - ఒక నిర్ణీతసమయంలో కొన్ని అణు

పులు సగటునకన్నా తక్కువగా శక్తిని కలిగిఉంటాయి ; మరి కొన్ని అణువులు సగటునకన్నా అధికంగా శక్తిని కలిగి ఉంటాయి. అతి వేగవంతములైన కణములే విక్రియను ప్రారంభిస్తాయి. ఉష్ణోగ్రత ఎంత అధికమైతే అంత అధికంగా వేగగతి కణములు ఉంటాయి. విక్రియగూడా అతివేగంగా జరిగిపోతుంది. 300 డిగ్రీల సెంటిగ్రేడువద్ద ఉష్ణశక్తి సగటున 0.06 ఎలక్ట్రాన్ వోల్టు లుంటుంది. అయినప్పటికీ, 1 ఎలక్ట్రాన్ వోల్టు ప్రోద్బలశక్తితో విక్రియప్రారంభంకావచ్చును. ఎందువల్లనంటే ఆ ఉష్ణోగ్రతయందు కొన్ని అత్యధిక వేగ అణువులకు సగటు శక్తికన్నా పదిహేనురెట్ల శక్తి ఉంటుంది.

థర్మోన్యూక్లియర్ విక్రియల విషయంలోకూడా యీవిధంగానే ఉంటుంది. అయితే ఒక్క ముఖ్యమైనతేడా ఉన్నది. రసాయన విక్రియలను ప్రారంభించుటకు కావలసిన శక్తికన్నా ఎన్నోమిలియన్నురెట్ల ప్రోద్బలశక్తి వీటికి అవసరమౌతుంది మిలియన్ల డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతలవద్దనే థర్మోన్యూక్లియర్ విక్రియలు సాధ్యమౌతాయి : దీనిలో ఆశ్చర్యం ఏమీలేదు. రసాయనచర్యలకు కారణభూతములైన సంయోగ సామర్థ్య (Valence) ఎలక్ట్రానులు పరమాణువులో కూర్పబడిన దానికన్నా దృఢతరంగా, కేంద్రకములో కణములు(న్యూట్రానులు, ప్రోటానులూ,) కూర్పబడి ఉన్నాయి, కాబట్టి వీటిని వేరుచేయవలెనంటే విపరీతమైన శక్తి కావలసి ఉంటుంది.

పైకోట్రానులు, బేటాట్రానులు మొదలైన పరమాణు విచ్ఛేదనాయంత్రములు, కేంద్రకముమీద పరమాణు కణములచే దాడిచేయిస్తాయి. కేంద్రక విచ్ఛేదనమునకు కణములకు

ఉండవలసిన అత్యల్పశక్తి మనకు తెలుస్తుంది. వేర్వేరు కేంద్రక విక్రియలను ప్రారంభించడానికి కావలసిన ప్రోద్బలఉష్ణ శక్తులను దీనినిబట్టి మనం లెక్కకట్టవచ్చును. ఏ ఏ ఉష్ణోగ్రతలవద్ద విక్రియ నిరాఘాటంగా కొనసాగిపోతుందో గూడా మనం చెప్పవచ్చును.

మొదట్లో కేంద్రక ప్రోద్బలశక్తుల లెక్కల ఆధారంతో సూర్యమండలశక్తి ఉత్పత్తిని గురించి వివరించడానికి ప్రయత్నం జరిగింది. సూర్యుడు, యితర నక్షత్రములు, తేజఃప్రసారమును (radiation) ఆవరణ (Space) లోనికి అవిరామంగా పంపిస్తున్న కారణంచేత వివరీతంగా శక్తిని కోల్పోతున్నాయి. ఈ సంగతి చాలాకాలంగా శాస్త్రజ్ఞులకి తెలుసును. ఈ సప్తమును మనం లెక్కకట్టి తెలుసుకొనవచ్చును. సూర్యుని విషయంలో భూకక్ష్య వ్యాసముతోకూడిన గోళముయొక్క ఉపరితలమునకు భూమియొక్క అర్ధవిభాగమునకుగల నిష్పత్తిచే భూమి తీసుకున్న సూర్యమండలశక్తిని గుణించాలి. సూర్యుని ద్రవ్య పరిమాణం తెలుసుకున్నతర్వాత, సూర్యునిలోగల తేజఃప్రసారము (Radiation) ఉష్ణముగానే మనం ఎంచుతే ఏ రేటున అది చల్లబడుతూ ఉన్నదో మనం లెక్కకట్టవచ్చును. భూమి సృష్టింపబడినప్పుడు సూర్యునియొక్క ఉష్ణము ఎంతైనా అధికంగా ఉండిఉండవచ్చును. విడుదల అవుతున్న శక్తి విడుదల అవుతూఉండగా వేరే మార్గంద్వారా శక్తిని కొంతవరకూ పుంజుకొనకపోతే సూర్యుడు ఈపాటికి ముంచుముద్దలయిపోయి ఉండేవాడు. సూర్యునిలో 20 మిలియన్ల సెంటిగ్రేడ్ ఉష్ణోగ్రతవద్ద అంతర్గతంగా జరిగే థర్మోన్యూక్లియర్ విక్రియల



చ్చారానే తిరిగి యీశక్తి ఉత్పత్తి అవుతోంది. ఆ ఉష్ణోగ్రత వద్ద అతివేగంగా అనేక విక్రియలు జరిగిపోతూఉంటాయి. అందువల్లనే సూర్యుని వేడిని నిరాఘాటంగా నిలిచి ఉండటానికి కారణభూతమైనది. ఈ విక్రియవిధానములను తత్వవేత్తలు గుర్తించారు. మొట్టమొదట యీ విషయమును సూచించిన వాడు హీన్స్ బెథే అనే పండితుడు. ఈయన పేరుతో 'బెథే కర్బనచక్రము' (Bethe's carbon cycle) ప్రసిద్ధి చెందినది. నాలుగు ఉదజని కేంద్రకాలు  ${}_1\text{H}^1$  కలిసి ఒక హీలియం కేంద్రకము  ${}_2\text{He}^4$  గా ఏర్పడటమే యీవలయముయొక్క ఫలితము: (5)  $4{}_1\text{H}^1 \longrightarrow {}_2\text{He}^4 + 2{}_1\text{e}^0 + 26$  మిలియన్ ఎలక్ట్రాన్ వోల్టులు నాలుగు ఉదజని కేంద్రకములయొక్క నాలుగు ప్రాథమిక విద్యుత్ ప్రేరణలనూ లోగొనడానికి 26 బిలియన్లు  $\text{e}^0$  విడుదల అవటం అత్యవసరం. ఈ విక్రియలో విడుదల అయిన 26 మిలియన్ల ఎలక్ట్రాన్ వోల్టుల శక్తి, యురేనియం పరమాణువిచ్ఛేదనలో విడుదల అయ్యే 220 మిలియన్ల ఎలక్ట్రాన్ వోల్టుల శక్తితోనూ, స్లోరిన్ ఉదజని ప్రేలుడువల్ల విడుదల అయిన 2 ఎలక్ట్రాన్ వోల్టుల శక్తితోనూ పోల్చవచ్చును.

రసాయనశాస్త్రంలో రసాయన వివాహ సంధాతలు (Chemical marriage bookers) అనదగు ఉత్ప్రేరకముల (Catalysts) సహాయం ఉంటేనే విక్రియలు చాలావరకూ సాధ్యమౌతాయని మనకి తెలుసును. విక్రియ జరుగునప్పుడు యీ ఉత్ప్రేరకములు తాము ఏవిధమైన మార్పు చెందకుండా ఉంటాయి. ఉత్ప్రేరకములతో కూడిన రసాయన విక్రియలు అనేక అంచెలలో జరుగుతాయి. ఒక అంచెలో ఉత్ప్రేరకం

పాల్గొంటే మరొక అంచెలో అది బయటికి వచ్చేస్తుంది. విక్రియా విధానంలో నూతన మార్గాలను తెగవటమే ఉత్తేజ రకములు చేసేపని. ఈ మార్గములు సుదీర్ఘములు అవుతే కావచ్చును; కాని యీ మార్గాలలో స్థితిజ ప్రతిబంధకాలు (potential barriers) ఏమీ అడ్డు తగలవు. కాబట్టి విక్రియకు అత్యల్ప ప్రోద్బలశక్తి (Minimum activation energy) గలనక ఉంటే చాలును ఉత్తేజరకముతో కూడుకుని కొనసాగే విక్రియ అంచెలవారీగా నిరాఘాటంగా జరిగిపోతుంది.

ఇదే నూత్రము అణుగర్భ రసాయన శాస్త్రము (Nuclear Chemistry) నకుగూడా వర్తిస్తుంది. బెథే వలయంలో కర్బన కేంద్రకాలు, అణుగర్భఉత్తేజరకములు (Nuclear Catalysts) గా పనిచేస్తాయి. ఈ క్రింద చూపిన విధంగా అంచెల వారీగా విక్రియా క్రమం కొనసాగుతుంది.

### పట్టిక 1

	Time Constant.
(6) ${}_1\text{H}^1 + {}_6\text{C}^{12} \rightarrow {}_7\text{N}^{13}$	40,000 Yr.
(7) ${}_7\text{N}^{13} \rightarrow {}_6\text{C}^{13} + {}_1\text{e}^0$	10 Min.
(8) ${}_6\text{C}^{13} + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_7\text{N}^{14}$	7000 Yr.
(9) ${}_7\text{N}^{14} + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_8\text{O}^{15}$	1 Million Yr.
(10) ${}_8\text{O}^{15} \rightarrow {}_7\text{N}^{15} + {}_1\text{e}^0$	2 Min
(11) ${}_7\text{N}^{15} + {}_1\text{H}^1 \rightarrow {}_6\text{C}^{12} + {}_2\text{H}^4$	20 Yr.

మొత్తము ఫలితం :



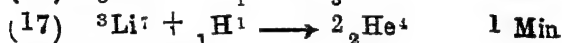
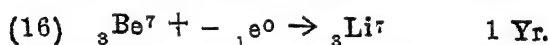
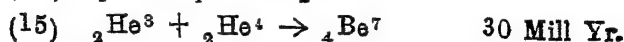
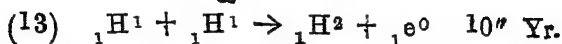
నూత్యుని మధ్యన ఉండి విక్రియచెందే మూలపదార్థముల ఉష్ణో

గ్రతా, సాంద్రతా, కేంద్రీకరణముల స్థితిగతులను (Time Constant) వరుసక్రమం తెలియజేస్తుంది. సూర్యుని కేంద్రములో ఉష్ణోగ్రత 20,000,000 డిగ్రీల సెంటిగ్రేడ్; సాంద్రత సీటి సాంద్రతకన్నా 100 రెట్లు అధికం, భరము - బరువునుపట్టి ఘూమారు  $\frac{1}{3}$  ఉదజని బరువు ఉంటుంది. 12వ సమీకరణము రావడానికి 6 మొదలు 11 వ సమీకరణ వరకూ బీజగణితాంకములుగా కూడబడినవి. వలయంలో తర్వాత ఎప్పుడో వునరుత్పత్తిఅయ్యే కేంద్రకాలు విస్మరించబడినవి. కుడివైపు వరుసలో అన్ని విక్రియలూ ఒకొక్క అంచె సగం పూర్తికావడానికి ఘూమారు ఎంత సమయం పట్టేదీ గుర్తించబడినది. రెండేసి కేంద్రకాలు ఢీకొనవలసిన అంచెలు 6, 8, 9, 11  $\frac{1}{3}$  ఉదజని కేంద్రీకరణము ఆధారముగా లెక్కించబడినవి. వలయం పూర్తిగావడానికి ఎంత సమయం అవసరమయ్యేదీ సమీకరణము 9 నిర్ధారణ చేస్తుంది, కాబట్టి యిది అత్యంత ముఖ్యమైంది. దీనిని 'సీసామెడ' (Bottle Neck) అని అంటారు. ఈ సీసామెడ కారణంగా సూర్యునిలోని ప్రతి కర్బన అణుగర్భము, మిలియన్ల సంవత్సరాలకి ఒకసారిగాని ఉదజనిని హీలియంగా పరివర్తన చేయలేవు. కర్బన అణుగర్భములు మిలియన్ల సంవత్సరములు వలయాల్లో బంధింపబడి సూర్యగోళమునందు అపురూపములై పోవుటవలన సూర్యమండలములో ఉదజని హీలియమ్గా మారే అవకాశ సౌలభ్యములు ఏ పరిస్థితిలో ఉంటాయో మనం ఊహించవచ్చును. అదేవిధంగా మానవ శరీరంలో వుండే కంఠగ్రంథి (Thyroid gland) హార్మోనులు, శరీర అల్ప

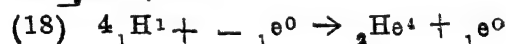
ఉష్ణోగ్రతా పరిమాణము - మన ఉచ్ఛ్వాస నిశ్వాసములను స్థిరంగానూ, తక్కువగానూ ఉంచగలిగినవి.

బెథే వలయవిధానమువంటివే మరికొన్ని ఉన్నాయి. ఈ క్రింది సమీకరణములను పరిశీలించండి :

పట్టిక 2.



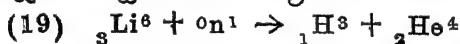
మొత్తము ఫలితం.



ఉత్పేరకరహిత ఉదజని (Non catalyzed Hydrogen) విచ్ఛేదనా విక్రియలోని సీసామెడకు, విక్రియ 13 మొదటిమెట్లు. సరిసమాన పరిస్థితులుగనక కల్పిస్తే బెథే వలయములోకన్నా యీ అంత అత్యంత మందగతిన ఉంటుంది. సూర్యునిలో కర్బనమునకన్నా ఉదజని అధికంగా ఉండటంవల్ల యిది దానితో పోటీ చేయగలదు.

ఈ రెండు విధానములలోనూ ఉదజని మేళనము (Hydrogen fusion) మన ప్రమాణములతో పోల్చితూస్తే అతి మందగతిలో ఉన్నట్లు తోస్తుంది. సూర్యునిలోని స్థితి గతులను విమచిన పరిస్థితులను యిప్పట్లో భూమిమీద సాధించలేమోనని అనిపిస్తుంది.

అయినప్పటికీ, తక్కువ ప్రోద్బల శక్తులతో ప్రారంభ మయ్యే కొన్ని సమ్మేళనావిక్రియలు ఉన్నాయి. వీటిలో కొన్ని భూమిమీద ఉనికిగల అణుగర్భాలనులోగొంటాయి, మిగతావి కృత్రిమంగా రూపొందే అణుగర్భాలను తీసుకుంటాయి. మొదటి ఉదాహరణ 17 న అంచేయందు జరిగే విక్రియలను పరిశీలిద్దాము.  ${}_3\text{Li}^7$ ,  ${}_1\text{H}^1$ , యీ రెండూగూడా ప్రకృతిలో లభ్యమయ్యేవే. ఇవి రెండూకలసి  ${}_2\text{He}^4$  : హీలియం కేంద్రక ముగా రూపొందుతాయి. సూర్యుని ఉష్ణోగ్రతవద్ద యీ పరివర్తన చెందడానికి 1 నిమిషం సమయము చాలును. తేలికగా లభ్యమయ్యే యితర సమ్మేళనా విక్రియలను పరిశీలిద్దాం. ఈ విక్రియలలో ఉదజనియొక్క భారమైన ఐసోటోపులు లోనౌతాయి. సహజసిద్ధమైన ఉదజనిలోఉండే డ్యూటీరియం,  ${}_1\text{D}^2$ , యింకా ట్రిటియం.  ${}_1\text{H}^3$ , యీ తరగతికి చెందినవే. ట్రిటియం-అతివేగంగా రేడియోధార్మిక వినాశనము చెందుతుంది. కాబట్టి దీనిని కృత్రిమంగా తయారు చేయవలసి ఉన్నది. ఉదాహరణకు-అపురూపమైన లిథియం ఐసోటోపు,  ${}_3\text{Li}^6$ , ను రియాక్టరునందు న్యూట్రానుచే డీకొట్టించాలి.



ఉదజని ఐసోటోపుల సమ్మేళనతో 13 విక్రియను బోలిన విచ్ఛేదనా విక్రియలు సాధ్యం అవుతాయి.  ${}_1\text{H}^2$  కేంద్రకానికి D: (డ్యూటీరాన్) అనీ,  ${}_1\text{H}^3$  కేంద్రకానికి T (ట్రూటీరాన్) అనీ గుర్తులు ఏర్పాటు చేసుకుందాము. అప్పుడు సాధ్యమయ్యే సమ్మేళనలు- D + H, T + H, D + D, D + T, T + T. ఐన్ స్టీన్ సమీకరణము  $E = Mc^2$  నువయోగించి మూడు ఉద

జని ఐసోటోపుల ద్రవ్యరాసులనుంచీ యీ విక్రియలలో ఏ ఒక్కదానియందైనా ఎంతెంత పరిమాణంలో శక్తి విడుదల అవుతుందో లెక్కకట్టవచ్చును. 20<sup>1</sup>మిలియన్ల ఎలక్ట్రాన్ వోల్టుల ఉష్ణోగ్రత, నాలుగు సామాన్య ఉదజని పరమాణువుల విచ్ఛేదనాశక్తితో యీ శక్తిపరిమాణం సరిపోతుంది.

అయితే వివిధములైన సమ్మేళనా విక్రియలను ప్రారంభించడానికి అవసరమైన ప్రోద్బలశక్తులు (Activation energies) ఒకదానిని పోలి ఒకటి ఉండవు-ప్రోటానులకన్నా తక్కువగా డ్యూటీరానులకూ, డ్యూటీరానులకన్నా తక్కువగా ట్రిటానులకు ప్రోద్బలశక్తి ఉంటుంది. కాబట్టి సామాన్యఉదజని మొదలు డ్యూటీరియం ట్రిటియం వరకూ వాటి విచ్ఛేదనా ప్రారంభమునకు అవసరమైన ఉష్ణోగ్రతా పరిమాణం అదేక్రమంలో తగ్గుతుంది. ఈ సంబంధము యీ క్రింద పొందుపరుపబడినది. చివరిపరుసలో గతివేగం (Velocity) వస్తుంది. ఈ గతివేగంతోనే సూర్యుని ఉష్ణోగ్రతవద్ద విక్రియ కొనసాగుతుంది.

పట్టిక 3.

		Mev.	Time Constant
(20)	$H + H \rightarrow D + {}_1^0e$	1.4	10 <sup>10</sup> Yr.
(21)	$D + H \rightarrow He^3$	5	0.5 Sec.
(22)	$T + H \rightarrow He^4$	20	0.05 Sec.
(23)	$D + D \rightarrow He^3 + n$	3.2	0.00003 Sec.
(24)	$D + D \rightarrow T + H$	4	0.00003 Sec.
(25)	$T + D \rightarrow He^4 + n$	17	0.0000012 Sec.
(26)	$T + T \rightarrow He^4 + 2n$	11	0.000001 Sec.

♦ Mev = మిలియన్ల ఎలక్ట్రాన్ వోల్టులు.

చివరి వరుసనుబట్టి, అతి భార ఉదజని ఐసోటోపులతో కూడిన విక్రియ లిప్తమాత్రంలో మిల్లి సెకన్లులో జరిగిపోతుంది. 10 మిలియన్ల సెంటిగ్రేడ్ ఉష్ణోగ్రతకు యీ ఉదజని ఐసోటోపులను అధిక ఒత్తిడి స్థితిలో (ఉదాహరణకు ద్రవంగా) హఠాత్తుగా గనుక తీసుకొని వస్తే తృటికాలంలో విక్రియ జరిగిపోతుంది.

పరమాణుబాంబునకు పూర్వం యింతటి ఉష్ణోగ్రతను ఉత్పత్తిచేయటం అనేది అసంభవవిషయంగా తోచేది. పరమాణుబాంబు ప్రయోగఫలితంగా యీ విషయంలో విపరీతమైన మార్పు వచ్చినది. నాగాసకీమీద పేల్చిన బాంబులాటి బాంబు 50 మిలియన్ల డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతకలిగిన అగ్నిగోళాన్ని ఉత్పత్తిచేసింది. అప్పటినుంచీ అంతకన్నా శక్తివంతములైన బాంబులు తయారు చేయబడినవి. వీటి అగ్నిగోళాలు యింతకన్నా అధికతరమైన ఉష్ణోగ్రతకలవి.

25, 26 విక్రియలు, ప్రారంభప్రేరణకు అత్యంత ములభంగాను థర్మోన్యూక్లియర్ ప్రేలుడుకు అనువుగాను ఉన్నట్లు కనపడినా, థర్మోన్యూక్లియర్ బాంబులలో ఉన్న శక్తివంతా విడుదలచేయుటకు సమర్థవంతములు కాకపోవచ్చును. ఇదివరలో నూచించిఉన్న ట్రిటియం, ప్లూటోనియం ఉత్పత్తుల మధ్య పోటీయే యిందుకు కారణం.

U - 238 లో ఒక న్యూట్రాన్ పేల్చబడి 1 పరమాణువు ప్లూటోనియం లభిస్తుంది. ఇది 220 (MeV) ప్రేలుడుశక్తికి ప్రాతినిధ్యం వహిస్తుంది. ఒక పరమాణువు ట్రిటియం రూపొందడానికి ఒక న్యూట్రాన్ అవసరం. దీనిశక్తి 20 (MeV) కన్నా

తక్కువగా ఉంటుంది. ఒకే పరిమాణ న్యూట్రానుల పెట్టు బడితో యురేనియం రూపంలో 10 రెట్లు అధికంగా ప్రేలుడు శక్తి లభిస్తున్నప్పుడు థర్మోన్యూక్లియస్ బాంబులను తయారుచేయడం వ్యర్థమే అవుతుంది. అయితే (23) విక్రియలో చూపించినవిధంగా ట్రిటియం చేరని థర్మోన్యూక్లియస్ విక్రియలను, ట్రిటియమును మధ్యవర్తిత్వప్రేలకము (Intermediate detenator) గా ఉంచి, విచ్ఛేదన బాంబుచే చర్య జరిపించవచ్చును. ట్రిటియముతో పోల్చితే ఉదజనియొక్క డ్యూటీరియం ఐసోటోపు అత్యంత స్థిరమైనది. దీనిని ఉదజని నుంచి అధికప్రమాణంలో ఉత్పత్తిచేయవచ్చును, తక్కువ ఖర్చుతో యిది సాధ్యమౌతుంది. దీనిని ఎంతకాలమైనా పదిల పరచవచ్చును. కాబట్టి 1953 లో ఎనివెల్క్వడ్ ప్రేల్చబడిన థర్మోన్యూక్లియస్ అస్త్రంలో యిది అధికప్రమాణంలో ఉండి ఉండవచ్చును.

ఒక D ఒక T కేంద్రకాల సమ్మేళనచే విడుదలఅయ్యే శక్తి, ఒక యురేనియం కేంద్రక విచ్ఛేదనమువల్ల విడుదల అయ్యే శక్తిలో 100 కి 7 పాళ్ళు మాత్రం ఉంటుంది. కాని D+T ప్రేలుడు శక్తి, ప్లుటోనియం, U-235 కన్నా మూడు రెట్లు అధికంగా ఉంటుంది. అన్నింటికన్నా ముఖ్యవిషయం ఏమంటే, అవధిపరిమాణ నిర్బంధం ఏమీలేకుండా బాంబులో విచ్ఛేదనా ద్రవ్యరాసిని కూర్చవచ్చును. కాబట్టి A - బాంబు వలె కాకుండా H - బాంబును ఎంత శక్తివంతమైనదిగా కావలనుకుంటే అంత శక్తివంతముగా ఉత్పత్తి చేయవచ్చును. పరమాణు బాంబునకన్నా వెయ్యిరెట్లు అధిక శక్తివంతమైన



బాంబుగా ఉదజని బాంబును గురించి 1945 - 52 మధ్య వార్తలద్వారా వినవచ్చినది.

1952 లో భారీఎత్తున ఎనివెటర్న్ లో ధర్మోన్యూక్లియర్ అస్త్రపాటవ పరీక్ష జరిగినది. హిరోషిమా బాంబునకన్నా రెండు వందల రెట్లు అధికశక్తి కలిగిఉన్నట్లు అనధికార పూర్వకంగా వెల్లడి అయినది. యంతకన్నా ఉధృతశక్తి కలిగిఉండే అస్త్రములను తయారుచేయటం అసాధ్యం ఏమీలేదు.

టన్నులకొలదీ ఉదజనితో బాంబులను కూర్చటం, వాటిని అనుకొన్నచోటికి చేరవెయ్యటం అసాధ్యంకావచ్చును. ఏపరిమాణంలో ఉన్నప్పటికీ ధర్మోన్యూక్లియర్ బాంబు ప్రయోగం అవశ్యమిత వినాశహేతువవుతుంది. యుద్ధానంతరం ధర్మోన్యూక్లియర్ అస్త్రముల నిర్మాణ అభివృద్ధి విషయంలో అమెరికనులు విపరీతమైన ఉత్సాహమును ప్రదర్శింపలేదు. మిగతా దేశాలుగూడా పోటాపోటీలమీద యీ ఆస్త్రిల నిర్మాణానికి పరుగులు తీస్తాయనే అభిప్రాయమే యిందుకు కారణమైఉంటుంది. అందువల్ల 1945 - 50 మధ్య యీ అస్త్రములను గురించి ఏ విషయమూ బయటకురాలేదు; అతి గుంభనగా ఉండిపోయింది. అయితే, ధర్మోన్యూక్లియర్ అస్త్రముల పుట్టుపూర్వోత్తరాలను గురించి వియన్నా తత్వ వేత్త హెన్స్ థిరింగ్, 1946 లో ప్రచురింపబడిన తన విజ్ఞాన శాస్త్రగ్రంథంలో విపులంగా చర్చించి ఉన్నాడు. సెనెటార్ ఎడ్వైన్ జాన్సన్ ఒక టెలివిషన్ ప్రదర్శనలో ఉదజని బాంబును గురించి ప్రస్తావించడంతో 1950 లో యీ విషయం అమెరికా అంతా ప్రాకిపోయింది. దీనితో పెద్ద వాగ్వివాదం

ప్రారంభమయింది. ఎడ్వర్డ్ టెల్లర్ మొదలైన తత్వవేత్తలు ఉదజనిబాంబు కార్యకలాపాలను అభివృద్ధిచేయాలని వాదన మొదలుపెట్టారు. ఇప్పుడు ఉన్న పరమాణు అస్థిశిలవల్లనే ప్రజాబాహుళ్యం భయభ్రాంతులై ఉండగా కొత్తగా ధర్మోన్మూక్తియర్ అస్త్రములను అభివృద్ధిపరచటం గాయంమీద సున్నం జల్లినట్లు అవుతుందనీ, అందులేని ప్రాణనష్టానికి సంపద నష్టానికి కారణభూతమౌతుందనీ వీరి ప్రత్యర్థుల వాదన. పరమాణు బాంబులకు అవసరమైన ట్రిటియం ఫ్లటోనియముల మధ్య ఉత్పత్తి విషయంలో పోటీనిగూడా వీరు సూచించారు. (సవన్నాహి కర్మాగారంలో ఫ్లటోనియంగాని లేదా ట్రిటియం గాని, ఏదో ఒకటి ఉత్పత్తి చేసేందుకు వీలవుతుంది.)

అయితే సోవియట్ యూనియన్ తన ప్రథమ పరమాణుబాంబు ప్రయోగపాటవాన్ని పరిశీలించి చూచిందనే వార్త వెలువడటంతోటే, ఆరు నూరయ్యేది నూరు ఆరయ్యేది గాక, నూతన అణుఅస్త్రాలు అతివినాశకర హేతువులయ్యేది గాక, రష్యాకన్నా అమెరికా పైచెయ్యిగా ఉండేందుకు వీటిని ఉత్పత్తిచేసి తీరవలసిందే-అనే సంచలనం కలిగింది. దీనికి అనుకూలంగా ప్రెసిడెంట్ ట్రూమన్ ఆయన సైనిక రాజకీయ సలహాదారులు వచ్చుజండాలు ఊరేగించారు. రెండు సంవత్సరముల లోపునే ఉదజనిబాంబు నిర్మాణ కార్యకలాపాలు అతి ఉధృతంగా సాగిపోయాయి. ధర్మోన్మూక్తియర్ అస్త్రములు ప్రేలుటకు అవసరమైనంత భారీ ఉష్ణోగ్రతను ఉత్పత్తి చేయవచ్చునని పరీక్షలవల్ల తేలినది. 1951 లో ఎనివెటూక్ వద్ద అణ్వస్త్రపరీక్షలు మరికొన్ని జరిగినవి. పరిశీలించబడిన విష

యూలు బయటకు వెల్లడికాలేదు. చివరకు 1952 నవంబరు 1 వ తేదీన ఎనివెటోక్ ప్రాంతంలోనే సంపూర్ణ స్వరూపమును దాల్చిన ధర్మోన్మూక్తియర్ అస్త్రం ప్రేల్చబడింది. ఈ అస్త్రం హిరోషిమా బాంబునకన్నా 200 రెట్లు శక్తివంతమైనదని అనధికారవర్గములవారు లెక్కకట్టారు. మరొకమాటలో చెప్పవలసివస్తే, దీనియొక్క ప్రేలుడుశక్తికి 4 మిలియన్ల టన్నుల ట్రినైట్రాటాన్ ప్రేలుడుశక్తికి సమానమని చెప్పవలసి ఉంటుంది. ఈ అస్త్రం ఎక్కడైతే ప్రేల్చబడినదో ఆ ద్వీపం సముద్రంలో నామరూపాలు లేకుండా కలిసిపోయినది. ప్రేలుడు వల్ల ఆ ప్రాంతంలో బ్రహ్మాండమయిన అగాధం ఏర్పడింది.

ధర్మోన్మూక్తియర్ అస్త్రాలను విమానములమీదగాని మరి ఏ సాధనములవల్లగాని శత్రుస్థాపరప్రాంతములకు తీసుకుని పోవుటకు సులభసాధ్యమైనదికాదు కాబట్టి ఈ అస్త్రములు నిజంగా బాంబు స్వరూపంలో వుంటాయో లేదో మనకు తెలియదు. అయితే, పరమాణుబాంబును, పరిమాణంలో కుదించి ఫిరంగిద్వారా విసరివెయ్యడానికి అదను చిక్కింది కావున ధర్మోన్మూక్తియర్ అస్త్రాలనుకూడా విమానముల ద్వారా తీసుకువెళ్ళటానికి ఏలుకలిగే పరిమాణంలో తయారుచేయటం త్వరలోనే సాధ్యం కావచ్చును. ఇటువంటి అస్త్రములు రూపొందినటుల 1954 ఫిబ్రవరిలో ప్రెసిడెంట్ ఎసెస్మెంట్ ప్రకటించారు. 1954 ఏప్రిల్ - మే మాసాలలో మార్షల్ ద్వీపములయందు జరిపిన ధర్మోన్మూక్తియర్ అస్త్రములపాటవ పరీక్షలు విజయవంతములైనవనిగూడా వార్తలు వెలువడినవి.

భవిష్యత్తునందు బారీఎత్తునజరిగే ఏ యుద్ధమునందైనా వందలు వేలసంఖ్యలో యీ బాంబులనుగనుక ప్రేల్చటం సంభవిస్తే, యుద్ధములో పాల్గొంటున్న ఆయా దేశాలు సర్వ నాశనమై పోతాయి. ప్రేలుశృంగుల ఉత్పత్తి అయి భూమిమీదకు చేరుకునే విచ్ఛేదనా పదార్థముల కేడియో తేజః ప్రసార ప్రభావంవలన, బ్రతికేబయటపడిన జీవజాతి వికృతరూపాలతో నిర్వీర్యమైపోతుంది.

పరమాణుబాంబునకువలెనే ఉదజని (థర్మోన్యూక్లియర్) బాంబునకు సంబంధించిన ప్రాథమిక నిర్మాణసూత్రములు, ఒక్క అమెరికన్లకుమాత్రమే హక్కుభుక్తములైన రహస్య విషయములుగావు. నాగాసకీమీద ప్రయోగించిన బాంబులు అమెరికనులు ప్రత్యేక సాంకేతిక నిపుణతతో నిర్మించారు. ఆవిధంగానే ఉదజనిబాంబుల నిర్మాణంలోకూడా ప్రత్యేక సాంకేతికసూత్రాలు యిమిడిఉండవచ్చును. కాని బాంబుల నిర్మాణమునకు ఆధారసూత్రాలు అందరికీ తెలిసినవే. కాబట్టి, బాంబునిర్మాణమునకు ఆధారములైన ప్రత్యేక సాంకేతిక సూత్రాలను రహస్యంగా దాచటం అనేది ఎంతోకాలం కొనసాగలేదు. తమకు తెలియని యీ సూత్రాలను మిగతా దేశాల తత్వవే తలు త్వరితగతిన సాధించిపొతున్నారు.

ఎనివెటాక్లో పరిశులు పరిసరమా ప్రినొందిన సంవత్సరములోపునే - 1953 ఆగష్టు 12 న, సోవియట్ యూనియన్ థర్మోన్యూక్లియర్ అస్త్రపాటవాన్ని పరీక్షించినట్లుగా సాక్ష్యమున్నదని పరమాణుశక్తి విచారణసంఘం ప్రకటించటంలో అమెరికనులు దిగ్భ్రాంతులయ్యారు.

# XI

## పరమాణుబాంబుల నిషేధమునకు జరిగిన ప్రయత్నముల వైఫల్యం

చాలామంది ప్రజలకు పరమాణు విచ్ఛేదనా, సమ్మేళన ఎంతటి దిగ్భ్రాంతిని కలిగిస్తాయో రసాయనశాస్త్ర, జీవశాస్త్ర, విద్యుత్ పరమాణుశాస్త్ర రహస్యములుగూడా అంతే దిగ్భ్రాంతిని కలిగిస్తాయి. ఇక శాస్త్రజ్ఞులవిషయంలో — పరమాణువులు, అణువులు, స్వతంత్రమైన ఎలక్ట్రానులు లోనైన సంఘటనలకూ—పరమాణువులు విచ్ఛేదమగుట, స్వయంవిపాటనం (disintegrate) చెందుట, సమ్మేళనచెందుట మొదలగు సంఘటనలకూ గల తేడా ఆశ్చర్యచకితుల్ని చేస్తూంది. 1942 డిసెంబర్ 2 వ తేదీన చికాగోలో ప్రప్రథమ పరమాణుకొలిమి రగుల్కొనడంతో చరిత్రలో నూతనశకం ప్రారంభమైనది.

మన శరీరాలువలెనే, మనను ఆవరించి చుట్టూఉన్న ప్రపంచం - ముఖ్యంగా రసాయన ధర్మాలతో నిండిఉన్న ప్రపంచంగా మనం చెప్పవచ్చును. మానవుడు మొదటిసారి నిప్పును వెలిగించినప్పుడు అతడు ఒక రసాయన శక్తి సహాయమును పొందుతున్నాడు. ఈశక్తి అడపాదడపా అపాయములు

కలిగించవచ్చును. కాని చివరికి దానిని మానవుడు తన అదుపు ఆజ్ఞలలోనికి తీసుకువచ్చాడు. అణుగర్భాగ్ని (Nuclear Fire) ని గనక విడుదలచేస్తే ఒకానొక రోజున అద్వితీయ ప్రపంచాన్నే తుడిచి పెట్టవచ్చును. ప్రపంచములోని అన్ని ఆక్రారాజ్యాల్నూ, విజ్ఞాన విషయములందు సమానస్థాయీలో పురోగమిస్తూ ఉన్నందువల్ల, పరమాణు అస్త్రాల నిర్మాణమునకు తానే గుత్తదారునని ఏ దేశమూ విర్రపీగేందుకు పీలు లేదు. పరమాణు విచ్ఛేదనా వినాశనమునుండి మానవజాతి రక్షింపబడవలెనంటే అణ్వస్త్రములను ప్రపంచ వ్యాప్తమైన కంట్రోలునందు ఉంచాలి; అప్పుడే పీటియొక్క శక్తిని వినాశకర కార్యములకు ఉపయోగించకుండా ఉండుటకు సాధ్యమౌతుంది.

రాజకీయపరంగానూ, మిలిటరీ పరంగానూ అణ్వస్త్ర ప్రయోగములవల్ల ఒనగూడే సాధకబాధకాలను గురించి మన్ హట్టన్ పరిశోధనాశాల నాలుగుగోడల మధ్యా అనేక చర్చలు జరిగినవి. 1945 మార్చిలో లియోస్టిలాడ్జ్ ప్రెసిడెంట్ రూజ్ వెల్టుకి ఒక నివేదిక అందజేశాడు. పరమాణు బాంబులను సినలైనవిగా రూపొందించవలసిన ఆవశ్యకతను సూచిస్తూ ఆయన నివేదికలో యిట్లా తెలియజేశారు.

ఈ బాంబులు, మనం తయారుచేయగలమునుకుంటున్న బాంబులకన్నా తక్కువ శక్తిగలదే అయినప్పటికీ జపాన్ మీద మనం ప్రయోగించబోతూఉన్న ప్రథమ పరమాణుబాంబు అత్యద్భుత విషయముగా పరిగణింపబడి యితర దేశాలను, యిలాంటి అస్త్రాల నిర్మాణమునకు పరుగులు పెట్టిస్తుంది.

మనకూ మిగతా దేశాలకూ మధ్య అణ్వస్రూ నిర్మాణంలో పరుగుపందెం ప్రారంభమౌతుంది.

ప్రథమ పరమాణు ప్రయోగానంతరము కొన్ని సంవత్సరముల వరకూ మనం రష్యాకన్నా పైచేయిగా ఉండటం తథ్యం. పరమాణు బాంబు నిర్మాణ కార్యకలాపాల్లో రష్యాకన్నా మనం ఎంతో ముందుగా ఉన్నామని భావించినప్పటికీ మళ్ళీ యుద్ధమనేది జరిగితే యీ అభివృద్ధివల్ల మనకు ఒరిగేది ఏమీలేదు. శత్రువుల దాడినుంచి మనం తట్టుకోగలగటం కూడా కష్టసాధ్యమే అవుతుంది.

ప్రజలు, పరిశ్రమలు, పట్టణాలలో విపరీతంగా కేంద్రీకరింపబడి ఉండటమే మన బలహీనతకు కారణమౌతుంది. ఈ పట్టణాల వినాశంతో మన ప్రతి ఘటనాసామర్థ్యంకూడా నశించిపోతుంది.

ఈ విచ్ఛేదనా పదార్థముల ఉత్పత్తిని కంట్రోలుచేయుటకుగాను ఏదైనా ఒకమార్గమును కనిపెట్టడానికి వీలు ఉన్నదా లేదా అనేప్రశ్నకు మనం ప్రప్రథమంగా సమాధానం వెదుకవలసి వున్నది. రాజకీయంగాను సాంకేతికంగానూ పరమాణు అస్త్రములను కంట్రోలుచేయడానికి సాధ్యమౌతుందా? అట్లా సాధ్యంకావడానికి మనం ఏ విధంగా ప్రయత్నం చేయవలసి వుంటుంది? ఈ ప్రశ్నలను మనం పరిశీలించి వెంటనే నిర్ణయాలు చేయవలసి వున్నది.

పరమాణు అస్త్రముల కంట్రోలుకు రష్యనులు సమ్మతించేటట్లు చెయ్యాలి. తగిన సమయంచూచి వారితో ప్రస్తావించటం అవసరం. పరమాణుబాంబుల పాటవాన్ని ప్రద

ర్పించిన వెంటనే సోవియట్ యూనియన్ తో మనం సంప్రదించుట సాగించటం మంచిది.

1945 జూన్ లో, యిదేవిధమైన అభిప్రాయములను తెలియజేస్తూ యుద్ధ కార్యదర్శికి మరో నివేదిక సమర్పించబడినది. ఈ నివేదికను, చికాగో పరిశోధనాశాలవారు నెలకొల్పిన ఒక సంఘంవారు తయారుచేశారు. ఈ సంఘమునకు జేమ్స్ హెన్రీ అధ్యక్షులు, ప్రాంక్ నివేదికలో యీ క్రింది విషయాలు పొందుపరచబడినవి.

ప్రపంచ శాంతిని నెలకొల్పడానికి గాను శక్తి వంతమైన అంతర్జాతీయ సంస్థను ఒక దానిని ఏర్పాటు చేయుటకు అవశ్యకమని అందరూ భావిస్తూనే ఉన్నారు. పరమాణు అస్త్రముల ఉనికిని బట్టి యిట్టి అంతర్జాతీయ సంస్థాపనావశ్యకత మరి ఎక్కువ అవుతున్నది. ఇటువంటి సంస్థద్వారా పరమాణు అస్త్రములను యుద్ధములందు వుపయోగించకుండా నిషేధించవచ్చును. అంతేగాకుండా అన్ని దేశాలూ ఒకదానితో ఒకటి పోటీపడి అణ్వస్త్రాల నిర్మాణంలో పరుగులు తియ్యకుండా అదుపుచేయవచ్చును.

ఈ విషయంలో అంతర్జాతీయంగా సుస్థిరమైన ఒప్పందం జరగకపోతే పరమాణు అస్త్రాల నిర్మాణ పరుగుపందెం మరింత ఉధృతమౌతుంది. ఈ క్షేత్రంలో మనదే పైచెయ్యి. అని పొంగిపోవటానికి నాలుగు మొదలు పడి సంవత్సరముల వరకూ మాత్రమే మనకు అవకాశం వుంటుంది. ఈ లోపున మిగతా దేశాలుగూడా అణ్వస్త్రాల నిర్మాణవిషయంలో మనతో సమాన ఘాయాలోకి వస్తాయి. ఈ సమయంలోనే మన



పరిశ్రమలను జనాభాను వికేంద్రీకరించి దేశమంతటా సద్దుబాటు చేయవలసి వుంటుంది.

పరమాణు అస్త్రాలను రెండువిధాలుగా కంట్రోలు చేయవచ్చునవి యీ నివేదిక సూచించినది.

ప్రతి అగ్రరాజ్యమూ జాతీయ ఆర్థికవిధానంలో కొన్ని వ్యవస్థలను అంతర్జాతీయ కంట్రోలుకు దారాదత్తం చేయటం ద్వారా తన సార్వభౌమహక్కులలో కొంతభాగం వదులుకోవలసి వుంటుంది. కంట్రోలును రెండువిధానాలద్వారా సాధించవచ్చును.

మొదటిమార్గం అతిసులభమైనది : ముడిపదార్థములు ముఖ్యంగా యురేనియం ఖనిజమునకు రేషనింగ్ పద్ధతి అమలుపరచాలి. భూమినుండి వివిధప్రాంతాలలో త్రవ్వితీసే పదార్థమును కంట్రోల్ చేయాలి. ఏ దేశమూకూడా భారీఎత్తున విచ్ఛేదనా ఐసోటోపులను వేరుపరచడానికి వీలులేనంత పరిమాణంలో యీ పదార్థమును సరఫరా చేయూలి.

ఈ విధంగా పంపకంచేయటంవల్ల శాంతికాల ప్రయోజనముల కొరకు పరమాణుశక్తి వినియోగ కార్యకలాపమునకు ప్రతిబంధకం కలుగవచ్చును.

పరస్పరం విశ్వాసంతోనూ నమ్మకంతోనూ ఉన్నతస్థాయిని చేసుకునే ఒప్పందంవల్ల, అత్యధికంగా ఉత్పత్తికొనసాగుతుంది : ప్రతిపాను యురేనియం ఖనిజమూ ఏవిధముగా వినియోగింపబడుతున్నదీ లెక్క తెలుస్తుంది.

ఈ కారణాలు అన్నింటినీ అతిజాగ్రత్తగా పరిశీలించి చూడటంవల్ల, ముందుగా ఏవిధమైన హెచ్చరికాచేయకుండా

జపాన్ మీద పరమాణుబాంబును ప్రయోగించటం అనేది న్యాయసమ్మతంగా తోచడం లేదు. మానవజాతికి అవార నష్టమును కలుగజేసే యీ నూతన అస్త్రమును ప్రపంచముగా అమెరికా విడుదలచేస్తే - ప్రపంచమంతటా ప్రజాసహకారాన్ని త్యాగం చేసుకోవలసివస్తుంది. అణ్వస్త్రనిర్మాణమునకు యితర దేశాలు పరుగులు పెట్టేటట్లు చేస్తుంది; అంతేగాకుండా భవిష్యత్తులో యిటువంటి అస్త్రముల బహిష్కరణ ఉద్యమానికి తీరని ప్రతిబంధకమౌతుంది.

కాబట్టి, ఎవరికీ ఎట్టినష్టమూ వాటిల్లకుండునట్లు ఒక నిర్జన నిరామయ ప్రదేశములో ప్రపంచంగా అణ్వస్త్రాలను ప్రేల్చి, వాటి పాటవమును ప్రపంచమునకు ప్రదర్శించుట ద్వారా - భవిష్యత్తులో అణ్వస్త్రముల కంట్రోలుకు కొనసాగే ప్రయత్నములు ఫలప్రద మగుటకు మంచి అవకాశం వున్నది.

అమెరికన్ రాజ్యాంగ నిపుణులంతా, యుద్ధంలో ఏవిధంగా వెంటనే విజయం సాధించటమూ అనే ఆలోచనలో ముణిగి ఉన్నారు. యుద్ధ కార్యదర్శి స్టిమ్సన్ 1945 మార్చి 15వ తేదీన ప్రెసిడెంట్ రూజ్ వెల్ట్స్ ని కలుసుకొని యీ విషయాన్ని విశదీకరించాడు. యుద్ధానంతరం పరమాణు అస్త్రములను కంట్రోలు చేయడానికి రెండు మార్గములు సూచించబడినవి. బాంబు ప్రయోగము గనక విజయవంతమైతే దానికి కారకులైనవారే కంట్రోలు చేయటం ఒక మార్గం. విజ్ఞానశాస్త్ర విషయములలో స్వేచ్ఛఉండి వివిధదేశాలు అంతర్జాతీయంగా కంట్రోలు చేయడం రెండవ మార్గం. “ఈ విధమైన సిద్ధాంతీకరణ అనేక

మంచి రాజకీయ దురంధులనుగూడా పరమాణుశక్తి కం  
ట్రోలు విషయంలో పెడదారులు పట్టించినది. గుత్తదారుని  
వలె పరమాణు బాంబులను కలిగిఉండటం లేకపోవటం అనేది  
తన ఆధిక్యతమీదే ఆధారపడిఉన్నదని అమెరికా తలంచడమే  
యీసందిగ్ధ పరిస్థితికి కారణమయింది.

రూజ్ వెల్ట్ అనంతరం ట్రూమన్ అధ్యక్షుడయ్యాడు.  
పరమాణుఅస్త్ర కంట్రోలు విషయమును పరిశీలించుటకు ఒక  
సంఘాన్ని ఏర్పాటుచేశారు. దీనికి యుద్ధ కార్యదృష్టి సీమ్సన్  
అధ్యక్షుడు. జేమ్స్ F. బైరెన్స్, రాల్ఫ్ A. బార్న్, విలియం L.  
క్లేటన్, వానెవర్ బుష్, జేమ్స్ B. కానెట్ యీ సంఘంలో  
సభ్యులు. A. H. కామ్టన్, E. ఫెర్మి, E. O. లారెన్స్,  
J. R. అప్పెన్ హైమర్ సలహాదారులు.

1945 జూన్ 1వ తేదీనాడు యీసంఘం తన నివేదిక  
సమర్పించింది. యీ నివేదిక ప్రకారం - “మొదటి పరమాణు  
బాంబులను సాధ్యమైనంత త్వరలో జపాన్మీద ప్రయోగిం  
చాలి. సైనిక స్థావరాలమీద, యుద్ధ కర్మాగారాలమీద  
వీటిని వెయ్యాలి. అణ్వస్త్ర ప్రభావమును గురించి జపానీయు  
లకు ముందుగా తెలియజేయరాదు.” (బార్న్ వండితుడు యీ  
చివరి నూచనకు అంగీకరించలేదు). ఈ నూచనల ఫలితంగా  
1945 ఆగష్టులో హిరోషిమా నాగాసకీ పట్టణాలు బలి  
అయినవి.

జపాన్మీద రెండవ పరమాణు బాంబులను ప్రయో  
గించిన ఒకనెల అనంతరం - 1945 సెప్టెంబర్ 11వ తేదీన  
పరమాణుశక్తి భవిష్యత్ విధానమును గురించి నేరుగా సోవి

యట్ యూనియన్ తో సంప్రతింపులు ప్రారంభించవలసినదిగా యుద్ధ కార్యదర్శి స్టిమ్సన్ ప్రెసిడెంట్ కి సలహా యిచ్చాడు. సోవియట్ యూనియన్, అమెరికాలు పరస్పరం సహకరించు కోవాలి. ఇరువక్షాల మధ్యా ఏవిధమైన గోప్యమూ వుండ కూడదు. ఈ విషయంలో వారు భాగస్వాములు కావాలి. లేని పక్షంలో రష్యా పరమాణు అస్త్రవిర్మాణ విషయంలో పరుగులు తీయటం తద్వారా - అంటూ ఆయన యీ విధంగా విశదీకరించాడు.

రష్యాతో మనం సంబంధబాంధవ్యాలు ఏకాపు దాల్చేదీ యీ పరమాణుబాంబుసమస్యతో ముడిపడివున్నాయి. మానవజాతి పురోభివృద్ధికి నాగరిక ప్రపంచశాంతి సంక్షేమములకూ పరస్పర బాంధవ్యమే ఆధారభూతమౌతుంది. కాబట్టి దానికి ప్రయత్నించవలసి వుంటుంది.

1945 లో అమెరికన్ రాజ్యాంగనాయకులకు యీ విషయంలో చీమకుట్టినట్టు అయినా లేదు. పరిపాలనా బాధ్యతలు నిర్వహిస్తున్న వారు కూడా తమ అభిప్రాయములను వ్యక్తపరచ లేదు. అక్టోబరు 31 వ తేదీన ప్రెసిడెంట్ ట్రూమన్ మానవ జాతి మనుగడ, నాగరికతా పరమాణు అస్త్రములను నిషేధించడంమీదా, ఆశక్తిని శాంతి కాలప్రయోజనములకు వినియోగించుకోవడంమీదా ఆధారపడి వున్నదని తెలియజేస్తూ, ప్రధమంగా బ్రిటన్ కేనడాలతోను ఆతర్వాత మిగతా దేశాలతోను చర్చలు ప్రారంభించాడు. అక్టోబరు 27 వ తేదీన, మానవజాతి అంతటి తరపునా అమెరికా, పరమాణుబాంబును ఒక సంఘం చేతుల్లో పెట్టబోతున్నట్లు ప్రకటించాడు.

1945 నవంబరు 15 వ తేదీన అమెరికా తరపున ప్రెసి డెంటు ట్రూమన్ గ్రేట్ బ్రిటన్ తరపున ప్రధాని అట్లీ, కెనడా తరపున రాజు అంతర్జాతీయంగా పరమాణుశక్తిని కంట్రోలు చేయడమే తమ అభిమతమని ప్రకటించారు. కార్యదర్శి ఫ్లిమ్మిన్స్ సూచించినట్లు సోవియట్ యూనియన్ తో యీ విషయమై సంప్రదింపులు జరుపుటకు మారుగా, నూతనముగా నెలకొన్న ఐక్యరాజ్యసమితి ఒడిలో ఈ సమస్యను పారవేశారు. డిసెంబరు 16 న అమెరికా గ్రేట్ బ్రిటన్ ల విదేశాంగ మంత్రులు బైర్ నెన్, బెవిన్ లు సోవియట్ విదేశాంగమంత్రి మాల్ టావ్ ను మాస్కోలో కలుసుకున్నారు. శాంతికాల ప్రయోజనములకు పరిమితంచేస్తూ అణుశక్తిని కంట్రోలునందు పుంచుటకుగాను ఏర్పాటుచేయబోయే సంఘనిర్మాణ కార్య కలాపములకు తోడ్పడతానని రష్యా ఒప్పకున్నది.

1946 జనవరి 3 వ తేదీన ఈ ప్రతిపాదన U. N. సాధారణసమితిచే ఏకగ్రీవంగా ఆమోదింపబడింది. నూతన సంఘానికి ప్రతినిధులను ఎన్నుకొనడానికి ఆ యా దేశాలు కొన్ని నెలలు బాష్యం చేశాయి. ఈ సంఘంలో 12 మంది సభ్యులువుంటారు. కెనడాలోగూడా అయిదు అగ్రరాజ్యాలూ తమ ప్రతినిధులను పంపడానికి కొన్ని నెలలు ఆలస్యం చేశాయి. ఈ ప్రతినిధుల నియామకం జరిగినతోటే, ఒక్క అమెరికన్ ప్రతినిధి బెర్నార్డ్ బరూచాను మినహాయించి మిగతావారం జరూ భద్రతా సమితి సభ్యులేననీ, పేరుకి మరో బల్లచుట్టూ చేరుతున్నారనీ వెల్లడి అయిపోయింది.

పరమాణుశక్తి కంట్రోలుకు సంబంధించిన విషయములను, ఏవిధమైన రాజకీయ పక్షపాతములూలేని నిపుణులకు అప్పగించడానికి ఒదులు, ఆయా దేశాలు, తమ రాజకీయ ప్రతినిధులకు హస్తగతంచేయడంవల్ల, యీ విషయంలో తీరని ప్రతిష్టంభనకు కారణమైనదని మనం సులభంగా గ్రహించవచ్చును.

1946 జూన్ '4 న U. N. పరమాణుశక్తి విచారణా సంఘం మొదటిసారి సమావేశమైనది ఈ లోపున అమెరికా నూచనలనుపరిశీలించి U. N. కమిషన్ కి సమర్పించడానికిగాను ఒక కమిటీని ఏర్పాటుచేశారు. దీనిలో డీన్ అచిసన్, వానెవ్ బుష్, జేమ్సు B. ఖానెంట్, లెస్లీ R. గ్రోవ్స్, J. J. మెక్లాయ్ సభ్యులు, సలహాలు యివ్వడానికి తత్వవేత్తలతోనూ వాణిజ్య నిపుణులతోనూ మరొకసంఘం ఏర్పాటు అయినది. ఈ సంఘములో J. R. అప్పెన్ హైమర్, చార్లెస్ R. థామస్ ఛెస్టర్, బెర్నార్డ్, హేరీ A. విన్నే సభ్యులు. వీరు ఒక డాక్యుమెంట్ ను రూపొందించారు. ఆ తర్వాత యీ డాక్యుమెంటు 'అచిసన్-విలియెన్ థల్ రిపోర్టు' గా ప్రచారంలోకి వచ్చింది. ఈ రిపోర్టులో విప్లవాత్మకమైన నూచన ఒకటి చేయబడింది. "అంతర్జాతీయంగా పరమాణుశక్తిని కంట్రోలు చేయ్యవలెనంటే పోలీస్ పద్ధతి అజమాయిషీ పనికిరాదు. శాంతికాల ప్రయోజనముల నిమిత్తం పరమాణుశక్తి అభివృద్ధి కార్యకలాపం రూపొందు నట్లుగా కృషిజరగాలి." అని రిపోర్టు సారాంశం. "ఆయా దేశాలలో పరమాణుశక్తి కర్మాగారాలు, విచ్ఛేదనా పదార్థాలతో అణుఅస్త్రాలను చేస్తున్నారో లేదో తెలుసుకోవ

దానికి U N ఇన్ స్పెక్టర్లు పరిశీలనలు చేయుటకన్నా, అంతర్జాతీయ ప్రాతినిధ్యం కలిగిన ఒక సంఘాన్ని ఏర్పాటుచేసి, ప్రపంచంలో ఉత్పత్తి అయ్యే విచ్ఛేదనా పదార్థమునంతా ఆ సంఘంయొక్క కంట్రోలునందు వుంచాలి. అంతేగాకుండా ఆయా దేశాలలో శాంతికాల ప్రయోజనములకు వినా మిగతా అణుశక్తి అభివృద్ధి కార్యక్రమాలను నిషేధించాలి.” అని యీ రిపోర్టు సూచించినది.

U N పరమాణుశక్తి విచారణాసంఘ (U N A E C) సమావేశమునకు బరూచ్ నాయకత్వమున వెళ్ళిన అమెరికన్ రాయబారవర్గము, అచినన్ - విలియెన్ థార్ రిపోర్టు మూల సూత్రాలు అన్నింటికీ తన ఆమోదాన్ని తెలిపింది. “కంట్రోలు ఒప్పందానికి విరుద్ధంగా ఎవరన్నా ప్రవర్తిస్తే, అగ్రరాజ్య పీటోహాక్కుతో సంబంధంలేకుండా U N వెంటనే చర్య తీసుకోవాలి” అనే సూత్రాన్ని ఒకదానిని వీరు అధికంగా చేర్చారు.

1946 జూన్ 1<sup>4</sup> వ తేదీన జరిగిన U N A E C ప్రారంభసమావేశంలో ఈ సూచనలకు బరూచ్ ప్రతిపాదనూ “చావుబ్రతుకుల సమస్యను తేల్చడానికి మనం యిక్కడ సమావేశమై ఉన్నాము” అని హెచ్చరించాడు.

అమెరికన్ ప్రతిపాదనకు జవాబుగా సోవియట్ ప్రతినిధి వర్గం, యీ సూచనలు “సంపూర్తిగా గాని కొంతగాని” తమకు సమ్మతంకావని తెలియజేశారు. అమెరికన్ ప్రతిపాదనకు బదులుగా - పరమాణుబాంబుల ఉత్పత్తిని ఉపయోగాన్ని సంపూర్తిగా నిషేధించాలనీ, తయారై ఉన్న బాంబులను

90 రోజులలోగా నాశనం చేసివెయ్యాలనీ, యీ ఒప్పందానికి విరుద్ధంగా జరిగితే అది అంతర్జాతీయ నేరంగా పరిగణించాలనీ, రష్యన్ ప్రతినిధివర్గం సూచించినది. ఈ ఒప్పందం అమలు పరచే విధానాలను గురించి భవిష్యత్ సంవదింపులలో జాగ్రత్తతీసుకోవాలి. ఒప్పందానికి విరుద్ధంగా ప్రవర్తించేవారి ఎడల చర్యతీసుకునే అధికారం భద్రతాసమితికి ఉండాలి. అగ్రరాజ్యాల పీటోహాక్కుకు లోబడేచర్య జరగాలి - అని కూడా వీరు సూచించారు.

ప్రయత్నం విఫలమౌతుండేమోనని అందరూ ఆందోళన చెందుతున్న సమయంలో UN-కమిటీ యీ విషయాన్ని కొంతమంది సాంకేతిక నిపుణులముందు వుంచింది. వీరిలో యిద్దరు రష్యన్ నిపుణులుగూడా వున్నారు. పరమాణుశక్తిని కంట్రోలు చేయడానికి సాంకేతికమైన చర్యలు ఏవి తీసుకోవలసిందీ సూచిస్తూ ఏకగ్రీవాభిప్రాయంతో యీ నిపుణులు తమ నివేదికను అందజేశారు. ఈ విషయంలో ఏకగ్రీవాభిప్రాయంతో రూపొందిన ఆఖరి డాక్యుమెంట్ యిదే. 1946 డిసెంబర్ 31న 'అమెరికన్ పథకం' నిపుణుల నివేదికల సారాంశంతో తయారుచేసిన U N A E C మొదటి నివేదికను - బరూచ్, U N సాధారణ సమితిలో ప్రతిపాదించాడు. 10-0 ఓట్లతో ప్రతిపాదన నెగ్గింది. సోవియట్ యూనియన్ పోలెండ్ దేశాలు ప్రతినిధులు గైరుహాజరయ్యారు.

1947 ఫిబ్రవరి 18వ తేదీన సోవియట్ ప్రతినిధివర్గం యీ నివేదికకు కొన్ని సవరణలు ప్రతిపాదించడం జరిగింది. దీనితో పరిస్థితి చక్కబడుతున్నట్లు కొంత ఆశకలిగింది. అమెరి



కన్ పథకం అంతాగాని కొంతగా సమృతంకాదన్న రష్యా యే యిప్పుడు కొన్ని సవరణలు ప్రతిపాదించటంవల్ల, సంప్రదింపు లకు కొంత అవకాశం చిక్కనట్లుగా కనిపించినది.

అయితే కొన్ని వారాలలోనే యీ ఆశ నిరాశ అయింది. సాంకేతిక నిపుణులు ఏ విధానము (Managerial Control) ద్వారా పరమాణు అస్త్రములను కంట్రోల్ చేయ వలెనని సూచించాలో ఆ సిద్ధాంతాన్ని సోవియట్ ప్రతినిధి 1946 మార్చి 6 వ తేదీన ఖండించాడు. ఇతర దేశాలలోనూ ముఖ్యంగా సోవియట్ యూనియన్ లోనూ పారిశ్రామికంగా పరమాణుశక్తి అభివృద్ధి చెందకుండా ఆటంకపరచడానికే అమెరికా యీ కుతంత్రం పన్నుతున్నదని అతడు అన్నాడు.

దీనితో, ఐక్యరాజ్యసమితిలో పరమాణుశక్తి నియం త్రణము విషయమై ప్రతినిధుల అందరిమధ్యా జరిగిన చర్చ లన్నీ విఫలములైనాయి. ఈ పద్ధతి యిక లాభం లేదనుకొని అధిక సంఖ్యాకులు అమెరికన్ పథకాన్ని అమలుపర్చాలనీ, ఎప్పటికైనా సోవియట్ యూనియన్ గూడా యీ మార్గానికి రాకపోదనీ వారు నిశ్చయించుకున్నారు. 1947 సెప్టెంబర్ 11 వ తేదీన నూతన నివేదికను వోటింగ్ కి పెట్టారు. 10 మంది అనుకూలంగాను సోవియట్ యూనియన్ ప్రతికూలంగాను ఓటుచేశాయి. పోలెండ్ గైరుహాజరయింది.

కమిటీ రూపొందించిన రెండవ U N A E C రిపోర్టులో - అంతర్జాతీయ పరమాణుశక్తి నియంత్రణను గురించి అనేక విషయములు విపులముగా చర్చింపబడినవి. ఈ నివేదికకూ అచెసన్ - లిలియన్ థల్ నివేదికకు కొంత తేడా ఉన్నది.

ఏవైనా నిర్ణీత ప్రాంతాలలో భారీఎత్తున విచ్చేదనా పదార్థాలూ ప్రోగ్నెతే, వాటిని జాతీయ ప్రభుత్వాలు తమ వశంచేసుకునే ప్రమాదం ఉన్నదని యూనివేదికలో సూచించబడినది. ప్రమాదకరమైన అవకాశాలు (అనగా, కర్మాగారాలూ, యంత్ర గారాలూ - భారీఎత్తున పరమాణు అస్త్రములను తయారు చేయనివ్వటం) ప్రపంచ పరిస్థితులనుబట్టి, ఆర్థిక విధానాన్ని బట్టి మాత్రమే యివ్వవలసిఉంటుంది. U N సంస్థ అమోదించిన కర్మాగారములకు మాత్రమే అణుగర్భయింధనాలు (Nuclear Fuels) లభ్యమౌతాయి. నియంత్రణ నిబంధనల ననుసరించి కోటాపద్ధతి ప్రకారం ఆయా దేశములకు విచ్చేదనా పదార్థములు సరఫరాచేయబడతాయి. పరమాణు కర్మాగారాలను తనిఖీచేసేందుకు ప్రత్యేక సిబ్బంది ఉంటుంది.

U N మెజారిటీ నియంత్రణా పథకాన్ని గురించిన సంభాషణలతోబాటు మొదటి నివేదికకు సోవియట్ ప్రతినిధివర్గం సూచించిన సవరణ విషయంగూడా కమిటీవారు చర్చించటం కొనసాగించారు.

1947 జూన్ 11 వ తేదీన సోవియట్ యూనియన్ పూర్వనూచనలను కొన్నింటిని విస్మరించి పరమాణుశక్తి నియంత్రణను గురించి ఒక నూతన ప్రతిపాదనను ప్రవేశ పెట్టినది. ఈ ప్రతిపాదనప్రకారం: U. N. పరమాణు నియంత్రణా సంఘమునొకదానిని ఏర్పాటుచేయాలి. ఆయా దేశాలు జరుపుతూఉన్న పరమాణుశక్తి కార్యకలాపాలను తనిఖీచేసే హక్కు యీ సంఘానికి ఉండాలి. పరమాణు అస్త్రముల ఉత్పత్తికి దారి తీయకుండా ప్రతిదేశాన్ని ఒకకంటితో చూస్తూ

ఉండాలి. పదార్థముల సేకరణ విషయంలోనూ, అభివృద్ధి కార్యక్రమాలలోనూ ఏవిధమైన నిర్బంధనా ఉండకూడదు. (అనేక సందర్భాలలో సోవియట్ ప్రతినిధి విమోచిస్తే, కోటా సూత్రానికి అంగీకరించాడు. కాని ఆ తర్వాత యీ సూత్రం ఆయా దేశాల ఆర్థిక అభివృద్ధికు ప్రతిబంధక మౌతుందనే కారణంతో త్రోసివేశాడు). సోవియట్ ప్రతిపాదనలో తనిఖీ కార్యకలాపం రెండురకాలుగా జరగాలని సూచించబడింది. మూలముగా నియమిత ప్రకారం జరిగే తనిఖీ ఒకరకం. నియంత్రణ నిబంధనలను ఉల్లంఘించినట్లుగా అనుమానం కలిగినప్పుడు ప్రత్యేకంగా జరిగే తనిఖీ మరొకరకం.

అంజర్జాతీయ తనిఖీదళాలు పరమాణుశక్తి కార్యకలాపాలను పరిశీలించడానికి అన్ని దేశాలలోనూ ప్రవేశించడానికి హక్కు కలిగి ఉండాలనే సోవియట్ ప్రతిపాదన సూచించినది. ప్రత్యేక పరిశీలనా ఆదేశాలతోకూడా కలుపుకుని U N నియంత్రికాసంఘంయొక్క నిర్ణయాలు అధికసంఖ్యాబల ఆమోదంతో జరగాలి. ఇక, ఒప్పందానికి విరుద్ధంగా ప్రవర్తించేవారి ఎడల తీసుకోవలసిన చర్యల విషయంలో వీటి హక్కుకలిగి ఉన్న భద్రతాసమితి మాత్రమే నిర్ణయాలు చేయవలసిఉన్నదని సోవియట్ యూనియన్ పట్టుపట్టింది.

1946 - 47 U N మెజారిటీ మేనేజ్మెంట్ ప్లాన్, 1947 - 48 సోవియట్ ఇన్ స్పెక్షన్ ప్లానుల తర్వాత అంతర్జాతీయ పరమాణుశక్తి నియంత్రణ కార్యకలాపములలో ఏవిధమైన అభివృద్ధి కనుపించలేదు. భద్రతా సమితి మూడవ సెషన్ లో (1948 మే 17) U N పరమాణుశక్తి విచారణ

సంఘము తన కార్యకలాపములనుంచి వైదొలగటం మంచిదని సలహా యివ్వబడింది. 1948 నవంబర్ 4 న, U N అసెంబ్లీ విచారణా సంఘాన్ని తన కార్యకలాపములు కొనసాగించవలసిందని తీర్మానించింది. కాని 1949 జూలై 25 నాటికి తిరిగి ప్రతిష్ఠాంశన ఏర్పడింది. ఈ సమయంలోనే సోవియట్ యూనియన్ లో ప్రధమ పరమాణుబాంబు పరీక్షజరిగినది.

మిగతా మామూలు అస్త్రములనుంచి (Conventional Weapons) వేరుచేసి, పరమాణు అస్త్రములను గురించి ప్రత్యేకంకా చర్చలు కొనసాగించవలెనని అమెరికా చాలాకాలం వరకూ పట్టవట్టింది. అచెసన్ - లిలియన్ థెల్ నివేదికలో నూచింపబడిన అంతర్జాతీయ అభివృద్ధి కృషికి వీలుగా యీ సమస్య నూతన రూపం తొడుగుతుందనీ, తద్వారా యితర రంగాలలో ఒప్పందానికి మార్గం ఏర్పడవచ్చుననీ అమెరికా ఆశించింది. సోవియట్ యూనియన్, నిరాయుధీకరణ సమస్యకు సంబంధించిన అన్ని చర్చలలోనూ పరమాణు అస్త్రాలను జేర్చితీరాలని మొట్టమొదలనుంచీ పట్టుబట్టింది. అమెరికా యితర పశ్చిమ రాజ్యాలూ, పరమాణు అస్త్రాల సమస్య పరిష్కారం చర్చలు వైఫల్యం చెందినట్లు తోచగానే, U N పరమాణుశక్తి విచారణా సంఘమూ U N సుప్రదాయ ఆయుధ విచారణ సంఘమూ రెండూ సమ్మేళనం కావాలని నూచించినవి. ఈ సమ్మేళనకు సోవియట్ యూనియన్ ప్రతిఘటించినది; కాని లాభం లేకపోయింది. ఈవిధంగా రెండు సంఘాలనూ సంఘటిత పర్చటంవల్ల చివరకు ఫలితం ఏమీ లేకుండాపోయింది.

అమెరికా సోవియట్ యూనియన్లు, థర్మోన్యూక్లియర్ అస్త్రముల నిర్మాణంలో విజయం సాధించాయి. ఈ విషయాన్ని పురస్కరించుకుని పరమాణుశక్తి చరచల ప్రతిష్టం భవనను తొలగించవలసినదిగా ఐక్యరాజ్యసమితిని హెచ్చరిస్తూ 1953 డిసెంబరు 8 వ తేదీన ప్రెసిడెంటు ఐసెన్హోవర్ ఉపసలించారు-కొంతకాలంవరకూ నియంత్రణగా నిబంధనలను సడలించి ప్రతిదేశమూ కొంత విచ్ఛేదనా పదార్థమును ఉత్పత్తి చేసి ఒకకేంద్రానికి అప్పగింత చేసేటట్లు అవకాశం కలిగించాలి. ఈ నిధిని ఐక్యరాజ్యసమితికి సంబంధించిన ఒకసంఘం అజమాయిషిలో ఉంచాలి. పరమాణుశక్తిని స్వయంగా అభివృద్ధి చేసుకొనడానికి అవకాశంలేని దేశాలకు యీ నిధిద్వారా సహాయం లభించాలి. అని ఐసెన్హోవర్ సూచించారు. పరమాణుశక్తిని ఆపరించియున్న చీకటిని పారదోలటం, ఆశక్తి ద్వారా భవిష్యత్తులో ఎంతోలాభం ఉండగలదని ప్రజలకు ఆశ కలిగించటం సాధ్యమౌతుంది అని ఆయన అన్నారు.

అమెరికన్ సోవియట్ యూనియన్ల విదేశాంగ విధానములో పరమాణుఅస్త్ర నిరాయుధీకరణం ముఖ్యవిషయమై వున్నది. అయితే కాలం గడుస్తున్నకొద్దీ నిరాయుధీకరణ సమస్యను గురించిన ఆశ నెమ్మదిగా సన్నగిలిపోతుంది. ప్రపంచ రాజకీయ ఉద్రిక్త వాతావరణం నియంత్రణా విధానమును అసాధ్యం చేస్తోంది.

1954 నాటికి అమెరికాలో పరమాణు అస్త్రముల భారీయెత్తు ఉత్పత్తికి విస్తృతమైన కార్యక్రమం ఏర్పాటు చేయబడింది. పరమాణు నిరాయుధీకరణకు జరిగే ఏ ప్రయ

తనమైనా యీ కార్యక్రమ కృషిని త్రోసిరాజనగలగాలి. ఇంకా అనేక దేశాలలో తయారైన పరమాణు అస్త్రాలు భారీ ఎత్తున నిలవచేయబడుతున్నాయి. దీనివల్ల నిరాయుధీకరణ సమస్య మరింత క్లిష్టమౌతున్నది. అంతేగాకుండా రహస్యంగా నిలవచేసివుంటే పరమాణు అస్త్రాలను సులభంగా కనిపెట్టే సాధనంగాడా ఏమీలేదు. కాబట్టి సాంకేతిక దుష్ట్యా ఆలోచించిమాస్తే నిరాయుధీకరణ సమస్యను పరిష్కారం చేయటం సాధ్యంకాదని తోస్తుంది.

పోతే, అవినాభావమైన సాహార్దతోనూ పరస్పర విశ్వాసంతోనూ ఒప్పందం కుదిరితేతప్ప పరమాణు నిరాయుధీకరణ సాధ్యంకాదు. దీనికి మొదటిమెట్టుగా అగ్రరాజ్యాలను అలుముకొనివున్న రాజకీయ వైషమ్యాలు తొలిగిపోవాలి. అప్పుడే ఆ యా రాజ్యాలమధ్య సాహార్దత విశ్వాసము కలుగుతాయి. పరమాణు అస్త్రప్రయోగము వినాశహేతువనే విషయంగాడా వారి సామనస్యానికి దోహదం చేయవచ్చును. ఈ విధంగా ప్రశాంతమైన వాతావరణం ఏర్పడినప్పుడే పరమాణుఅస్త్ర నిరాయుధీకరణ విషయంలోజరిగే ప్రయత్నాలు ఫలప్రదమౌతాయి.

— —

## XII

### పరమాణు శక్తి వినియోగము

విచ్ఛేదనా పదార్థములు తమయొక్క తీవ్రమైన కేంద్రీకరణశక్తివల్ల, మామూలు రసాయన ప్రేలుడు పదార్థములకూ ఇంధనములకూ దూరంగా నిలిచాయి.

యుద్ధములో ప్రాణ సంపదల వినాశనమునకు మాడుగా విచ్ఛేదనా పదార్థములయొక్క శక్తిని, మానవకల్యాణమునకు ఉపయోగించే విధానములను, భవిష్యత్తులో మానవుడు కనుగొనవచ్చును. రసాయన ఇంధనములతోనూ, జలపాతాలతోనూ సూర్యకాంతితోనూ సాధించగలిగిన స్వల్పకార్యముల కొరకు, విచ్ఛేదనా పదార్థముల శక్తిని ఉపయోగించటం వ్యర్థమనీ, అటువంటి పదార్థములను యితర లాభదాయక కార్యములకు వినియోగించుకోవచ్చుననీ, ఆస్ట్రీయన్ తత్వవేత్త హాన్స్ థిరింగ్ లాంటివారు సూచించిఉన్నారు. కర్మాగారాలలోని చక్రాలు త్రిప్పటంకోసం, ఖనిజములను శుద్ధిపరచటం కోసం పరమాణుశక్తిని వినియోగించటం ఎంతో నష్టదాయకమని వారివాదం. ఇలాంటి స్వల్ప విషయములకోసం లభ్యమయిన యుక్తేనియమునంతా యిప్పుడే ఖర్చుపెట్టివేస్తే-

ముందుతరాలవారికి ఒక్క నలుసు యురేనియం గూడా లభ్యం కాకపోవచ్చును.

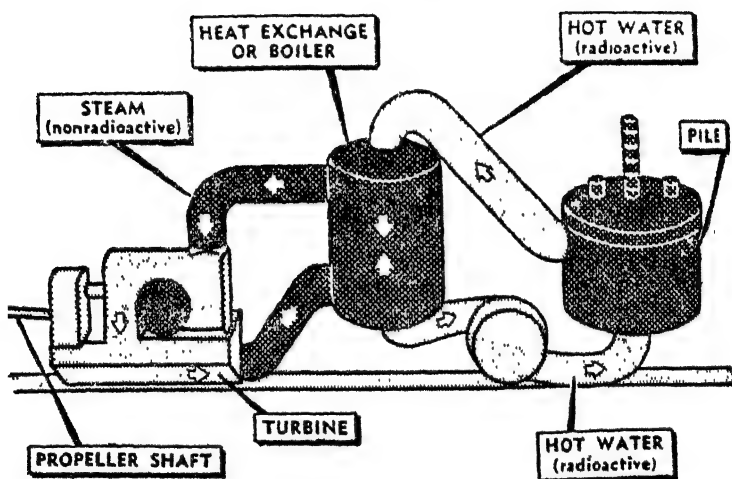
పరమాణు ఇంధనము (fuel) తో కొన్ని ఉపయోగములను సాధించడానికి ఆలోచనలు జరుగుతున్నాయి. పరమాణు శక్తితో జలాంతర్గాములను నడపవలెనని, అందుకు ప్రయత్నాలు ప్రారంభించారు.

పరమాణు జలాంతర్గామిని మందగతి న్యూట్రానుల సహాయంతో నడుపుటకు వీలుగా యంత్రములను నిర్మించటం పూర్తి అయింది. మధ్యరకం వేగము గల న్యూట్రానులను ఉపయోగించడానికి యంత్ర నిర్మాణ కార్యక్రమం ప్రారంభించారు. ఈ యంత్రాలను 'నాటిలస్' 'సేడిల్ఫ్' అనే జలాంతర్గాములయందు అమరుస్తారు. కొద్దిసంవత్సరాలలో పరమాణు శక్తివలన ప్రయాణించే అనేక దేశాల జలాంతర్గాములు సముద్రాలలో ప్రయాణించే అవకాశం ఉన్నది. అణుగర్భ ఇంధనములు (Nuclear fuels) చిరకాలం మునుపటివి. ప్రాణవాయువు, ఆవశ్యకత లేదు. పరమాణుశక్తి జలాంతర్గాములకు ఇంధనమును తరచు నింపవలసిన పనిలేదు. సముద్ర ఉపరిభాగమునకు రావలసిన పనిలేకుండా లోపలనే నిరాఘాటంగా ప్రవంచించుట్టూ పర్యటిస్తూ ఉండవచ్చును. ఈ జలాంతర్గాములలో పనిచేసేవారు తమ శ్రమను పోగొట్టుకొనడానికి పైకి ఎస్తే ఎప్పుడన్నా రావచ్చును. రెండవ ప్రపంచ సంగ్రామములో సముద్రములయందు తిరుగాడిన U-బోటులకన్నా యీ పరమాణు జలాంతర్గాములవల్లనే నౌకలకు విపరీత ప్రమాదభయమున్నది. పరమాణు అస్త్రములను విసిరివేయుటకు జలాంత



గ్రాములయందు తగినసాధములు ఉండుటవల్ల తీరనగరాలకు తీరనినష్టం వాటిల్లే ప్రమాదం ఉన్నది.

పారిశ్రామిక రంగంలో కూడా పరమాణుశక్తి వినియోగ మునకు ప్రయత్నములు జరుగుచున్నవి. ఉత్పత్తి అయ్యే అత్యధిక ఉష్ణమును చెదరగొట్టు సాధనములు అవసరం అవటం కొంత ప్రతిబంధకముగా ఉన్నది.



22 వ పటము

అమెరికాలో రసాయన ఇంధనములు విస్తారంగా లభ్య మవుతు ఉన్నాయి. దీనికోసం ప్రత్యేకంగా పరమాణుశక్తిని ఉపయోగించుకోవలసిన అవసరం ఏమీలేదు. కాకపోతే అన్ని రంగాలలోనూ అభివృద్ధిని సాధించాలనే కుతూహలమే యిం దుకు పురిగొల్పుతున్నది. ఈ విషయంలో మిగతా దేశాలకు

సోవియట్ యూనియన్ నాయకత్వం వహించడంగానూ, సోవియట్ ఆధిపత్యం క్రింద ఆ దేశాలలో పరమాణుశక్తి అభివృద్ధి కార్యకలాపాలు కొనసాగటంగాని అమెరికాకు యిష్టం ఉన్నట్లుతోచదు.

ఇటీవలనే యురేనియం విస్తారంగా దొరికే కొన్ని ప్రాంతాలు కనుగొనబడినవి. కెనడాలోను ఆస్ట్రేలియాలోను కొన్ని ప్రాంతాలలో యురేనియం ఖనిజం విస్తారంగా లభించగలదని తెలిసింది అంతేగాకుండా కాలరేడ్లో పీటర్ హామిలో ముడి పదార్థంగా యురేనియం దొరుకుతుందని కనిపెట్టబడింది. కొన్ని భాస్వర కొండరాళ్ళలో యురేనియం గూడా స్వల్పమోతాదులో దొరుకుతుందని తేలింది. 1953 లో పరమాణు విచారణా సంఘం సేకరించిన లెక్కలవల్ల ప్రపంచంలో నిత్యం వాడుకునే ఇంధనములకన్నా యాభై రెట్లు అధికంగా విచ్చేదనా పదార్థముల యింధనశక్తి యీ పదార్థములవల్ల లభ్యమౌతుందని తేలింది. పరమాణుశక్తి విచారణా సంఘం తరపున పాల్ మర్ ఫ్రట్ నీమ్ సేకరించిన లెక్కలలో, యురేనియం ద్రవ్యములు - యురేనియం - 235, యురేనియం - 238, థోరియం అన్నీ చేరి ఉన్నాయి.

శక్తిసాధనా యంత్రములను గురించి కొన్ని విషయాలు తెలుసుకుందాము. గ్రాఫైట్ స్థూనికనే నేడు రియాక్టర్ అని పిలుస్తున్నారు. ఈ రియాక్టరు శక్తి సుత్పత్తిచేయు సాధనగా ఉపయోగించుటకు ప్రయత్నాలు జరిగినవి. దాంట్లో వాటి ఉత్పత్తి అయ్యే ఉష్ణమును విద్యుచ్ఛక్తిగా మార్చుటకు ప్రయత్నాలు చురుకుగా సాగుతూ వున్నాయి.

రియోక్టర్ అంతర్ భాగములో విపరీతమైన ఉష్ణము  
పుత్పత్తి అవుతుంది. లోపలి మధ్యభాగము అంతా గ్రాఫైట్  
యిటుకలతో నింపబడి వుంటుంది. ఈ యిటుకల మధ్య ఖాళీ  
స్థలములయందు అల్యూమినియం గొట్టములు తొడగబడిన  
యురేనియం కడ్డీలు వుంటాయి. ఉష్ణోగ్రతను అదుపు ఆజ్ఞలలో  
పుంఛుటకు, కేడ్డీయము కడ్డీలుకూడా ఏర్పాటు చేయబడి  
ఉంటాయి. లోపలికి చల్లటి గాలిని ప్రసరించేస్తారు. వేడి  
ఎక్కిన గాలి బాయిలర్ లోకి పోతుంది. బాయిలర్ లోని నీరు  
వేడెక్కి ఆవిరిగా మారుతుంది, ఈ ఆవిరికి ఒత్తిడిచేసి టర్ బైన్  
లోకి పంపిస్తారు. టర్ బైన్, జనరేటర్ ను త్రిప్పటంతో విద్యు  
చ్ఛక్తి పుత్పత్తి అవుతుంది. ఆవిరికి బదులు హీలియమును  
వాడటం యింకా శ్రేష్టతరం.

రియోక్టర్ లోనుండి రేడియోధార్మికశక్తి విపరీతముగా  
విడుదల అవుతుంది. దానివలన ప్రమాదము లేకుండుటకు  
రియోక్టరుకు అన్నివైపులా దట్టమైన కాంక్రిట్ గోడలు కట్టాలి.  
ఈ రియోక్టర్ లో అనేకరకములు తయారవుతున్నాయి.

ఫ్రేటిని న్యూక్లియర్ రియోక్టర్ ని అంటున్నారు.

ఏటిలో బ్రేడర్ రియోక్టర్ అనేది ఒకటి. మామూ  
లుగా లభ్యమయ్యే యురేనియములో 140 పాళ్ళలో 1 పాలు  
మాత్రమే తేలిక యురేనియం వుంటుంది. ఈ తేలిక యురే  
నియం అణుగర్భవిచ్ఛేదనమువల్లనే రియోక్టర్ లో శక్తి ఉత్పత్తి  
అవుతుంది. మరి మిగతా యురేనియమును పువయోగించుకొని  
లాభం పొందుట ఎట్లాగ? వేగగతి న్యూట్రానులను ఉపయో  
గించి యీ యురేనియమును పుటోనియము తేలిక యురేని

యములక్రింద మార్చివేస్తే, రియాక్టర్ యింకా శ్రేష్ఠంగా పనిచేసి అధికశక్తి నిస్తుందని శాస్త్రజ్ఞులు కనిపెట్టారు. తేలిక యురేనియం ఒక ప్రక్కన విచ్ఛేదన మవుతూవుంటే మరో వంక ఫ్లటోనియం, తేలిక యురేనియం ఉత్పత్తి అవుతూ ఉంటాయి. అందువల్ల దీనికి బ్రేడర్ రియాక్టర్ అని పార్థక్ నామధేయం వర్పడింది.

అమెరికా పరమాణుశక్తి విచారణ సంఘంవారు, పరమాణుశక్తి ఉత్పత్తి విషయములో పారిశ్రామిక వేత్తలు తాము ఎంతవరకూ పాల్గొనేందుకు అవకాశం ఉంటుందో పరిశీలించవలసిందిగా కోరారు. దీనికి వెంటనే తగిన సమాధానం రాలేదు. పరమాణుశక్తినిగురించి పూర్తిసమాచారం లభించకపోవటం, యిందునిమిత్తమై తాము అధికధనాన్ని వెచ్చించవలసి ఉండునని భయపడటం, పారిశ్రామికవేత్తలు వెనుకాడటానికి కారణాలై ఉంటాయి. అయితే క్రమశః వారుగూడాయీ విషయంలో ఆసక్తిచూపడం ప్రారంభించారు. ప్రెజేంట్ పారిశ్రామికరంగంలో పరమాణుశక్తి వినియోగమును గురించి మీ కొన్ని పథకాలు రూపొందించారు. ఈ పథకాలు రెండు రకాలు: మొదటి రకం, శక్తి ఉత్పత్తి కేంద్రాలు ఒకే లక్ష్యం గలవి. ఈ కేంద్రాలకి ప్రభుత్వం యురేనియమును అమ్మాలి; లేదా అప్పుగా యివ్వాలి. పారిశ్రామిక ఉపయోగార్థం దీనితో విద్యుచ్ఛక్తిని ఉత్పత్తి చేయాలి. ఇటువంటి ఏకలక్ష్య కర్మాగారాలు రెండింటిని నిర్మించడానికి సన్నాహాలు ప్రారంభించారు.

వీటికి మారుగా ద్వీలక్ష్యపరమాణుశక్తి ఉత్పత్తి కేంద్రాలకు వధకాలు వేశారు. ఒకే సమయంలో పరమాణుశక్తిని విచ్ఛేదనా పదార్థములనూ ఉత్పత్తిచేయటం వీటి నిర్మాణోద్దేశ్యము. అణుగర్భ ఇంధనములద్వారా తయారయ్యే విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తి ధర చాలా అధికంగా ఉంటుంది. కాబట్టి విద్యుత్తుతోబాటు ఉత్పత్తి అయ్యే విచ్ఛేదనా పదార్థాలను తిరిగి పరమాణు విచారణ సంఘమునకు అమ్మివేయటంవల్ల విద్యుచ్ఛక్తి ఉత్పత్తి ధర చాలా తగ్గుతుంది.

మొదటిరకం కర్మాగారముల విషయంలో ఎవరికీ ఏవిధమైన సందేహాలకూ తావుండకపోవచ్చును. కాని రెండవరకం 'ద్వీలక్ష్య' కర్మాగారముల విషయంలో అనేక ప్రశ్నలు, సందేహాలు తలెత్తినవి. దీనిలో ఉన్న భద్రతాసమస్యల మాట అటుఉంచి విచ్ఛేదనా ద్రవ్యములను ఉత్పత్తిచేసే విషయంలో ప్రైవేటు పారిశ్రామికులకు అవకాశం యివ్వడంవల్ల అనేక అనర్థాలు సంభవించవచ్చుననే అనుమానం ఉన్నది. అందువల్ల పరమాణుశక్తి విచారణాసంఘం యీ రెండవరకం 'ద్వీలక్ష్య' విధానపథకాన్ని నిరాకరించింది. 'ఏకలక్ష్య' విధాన కర్మాగారాలను నిర్మించడానికిగూడా ఎవరూ ముందుకు రాలేదు. అందువల్ల కొన్ని ప్రైవేటు కంపెనీలు 'ఏకలక్ష్య' కర్మాగారాలు నిర్మించడానికి విచారణాసంఘమే పెట్టుబడిపెట్టవలసివచ్చింది.

పరమాణుశక్తి ఔత్సాహిని అమెరికా యిప్పట్లో వదులుకునే అవకాశం ఏమాత్రంలేదు. ప్రయోగపరిశీలనలకు, నిర్మాణకార్యకలాపాలకూ ఏంతో ధనం వెచ్చించవలసివస్తోంది.

బ్రిటన్ లో బొగ్గుసరఫరా అంతకంతకు తగ్గిపోతున్నందు వల్ల ధర విపరీతంగా పెరిగిపోతోంది. ఇండియాలో ఖనిజ ఇంధనాల కొరతవల్ల భారీఎత్తున పారిశ్రామిక పురోభివృద్ధిని సాధించడానికి అవకాశం లేకుండావున్నది. ఈ కారణాలవల్ల బ్రిటన్ ఇండియాలలాంటి దేశాలలో పరమాణుశక్తి అభివృద్ధి కార్యకలాపాలు తీవ్రతరం కావచ్చునని ఆశించవచ్చును.

ప్రైవేటు అణుశక్తి పారిశ్రామికరంగాన్ని ప్రభుత్వ సహాయంతో అభివృద్ధి పరచడానికి సన్నాహాలు చేస్తున్నట్లు బ్రిటన్ 1953 లో ప్రకటించింది.

ఇండియాలో ధోరియంతో కూడిన మోనజైట్ అనే ఖనిజం విస్తారంగా లభ్యమౌతుండబట్టి, త్వరలోనే పరమాణు శక్తి రంగంలో అభివృద్ధిని సాధించగలదని ఆశించవచ్చును.

అణుగర్భమునుండి విడుదలఅయ్యే శక్తికీ, ఉష్ణమునుండి రూపొందే యాంత్రిక, విద్యుచ్ఛక్తులకీ మూలనూత్రంలో తేడా ఏమీలేదు. అయితే అనుభవంలో అనేక సమస్యలు తల ఎత్తుతవి. కండెన్సర్ కి బాయిలర్ కి మధ్య ఉష్ణోగ్రతలో ఎంత తేడాఉంటే ఉష్ణయంత్రయొక్క సామర్థ్యత అంత అధిక మౌతుంది. దీనికోసం అత్యధిక ఉష్ణోగ్రతా నిరోధకపదార్థాలు అవసరమౌతాయి. అణుగర్భయంత్రాలకి దీనితోడు మరొక లక్షణంగూడా అత్యధికంగా కావాలి. ఆ పదార్థాలకి అనుకూల అణుగర్భ ధర్మాలుఉండాలి. ఉదాహరణకి: న్యూట్రానులను యివి లాగివెయ్యకుండా ఉండాలి. కొత్త లోహాలను, పింగాణీ పదార్థాలనూ గురించి పరిశోధనలు జరగాలి. ఈ పరి

శోధనల ఫలితంగా యిప్పటికి 'జిర్కోనియం' అనే పదార్థం లభ్యమయినది.

ఇక రెండవ సమస్య: రియాక్టర్ లో విపరీతంగా రేడియో ధార్మికత ఉద్భవిస్తుంది. ఈ తేజఃప్రసారమును నిరోధించగల నిర్మాణ పదార్థం కావలసిఉన్నది. ఫ్లటోనియమును ఉత్పత్తి చేయు స్థానికలయందు, మితకారిగా ఉపయోగించే గ్రాఫైట్ అత్యధిక ఉద్యోతనము (Irradiation) వల్ల, తన రూపాన్ని, పరిమాణాన్ని కోల్పోయే ప్రమాదం ఉన్నది.

మూడవ సమస్య: తేజఃప్రసారము (Radiation) నుంచి ప్రజలకు రక్షణ కల్పించటం ఎట్లా అనేది చాలా ముఖ్యం. అనుక్రమ విక్రియ స్థానికనుంచి విడుదలఅయ్యే తేజఃప్రసారమునుంచి రక్షణ కలిగించడానికి స్థానిక చుట్టూ కవచం లాగా చుట్టూ దళసరి కాంక్రీట్ గోడలను నిర్మించాలి; కాని రియాక్టర్ ను విద్యుద్ ఉత్పత్తి సాధనంగా వినియోగించుకోవలెనంటే - ఆవిరినిగాని ద్రవమునుగాని దీనిద్వారా పంపించి, విచ్ఛేదనా ఉష్ణమును బయటకు తీసుకునివచ్చి ఆవిరియంత్రమునుగాని, టర్బైనునుగాని నడుపునట్లుచేయాలి. ఆ సందర్భంలో తేజఃప్రసారము విపరీతంగా బయటకువచ్చే ప్రమాదం ఉన్నది. కాబట్టి రియాక్టర్ ను విద్యుదుత్పత్తిసాధనంగా ఉపయోగించడానికి చిక్కుఅవుతుంది. ఈ తేజఃప్రసారమును నిరోధించడానికిగాను రియాక్టర్ కి విద్యుత్ ఉత్పత్తి యంత్రానికి మధ్యన, మరో నిర్మాణం నెలకొల్పారు. రియాక్టర్ నుంచి వెలువడే రేడియో ధార్మిక ద్రవము తన ఉష్ణమును మరొక

ద్రవమునకు అందచేయడంవల్ల, తేజఃప్రసారం నిరోధించబడుతుంది. (22వ చిత్రం చూడండి).

రియాక్టరులోనికి పంపించే ద్రవపదార్థానికి అత్యధిక ఉష్ణోగ్రతలోగూడా ఏ విధమైన మార్పుచెందకుండా ఉండే అణుగర్భధర్మాలు (Nuclear properties) ఉండాలి. సోడియం పొటాషియం ధాతుసమ్మేళనమును యిందుకోసం ఉపయోగిస్తున్నారు. జలాంతర్గమి యంత్రాలలోనూ, బ్రీడర్ రియాక్టర్లలోగూడా యీధాతు సమ్మేళనమునే ఉపయోగిస్తూ ఉన్నారు. భారీఎత్తున విద్యుదుత్పత్తిని సాధించడానికి వీలుగా అమెరికాలోనూ బ్రిటన్లోనూ రియాక్టర్లను నిర్మించడానికి కృషిజరుగుతూ ఉన్నది.





## తు ది ప లు కు

పరమాణుశక్తి అభివృద్ధి కార్యకలాపముల విషయంలో మనం ఏదో మహత్తర విషయాన్ని సాధించామని తృప్తిపడి ఊరుకోవడానికి వీలులేదు. విజయమును సాధించడానికి మనం యింకా ఎంతో పురోగమించవలసి వున్నది. పరమాణు శక్తిని మానవ కల్యాణమునకు పుష్కలమైనదిగా మార్చుకోవలెననే ఉద్దేశ్యంతో మనం ప్రయాణానికి ప్రారంభించాము. గమ్యాన్ని చేరుకోవడానికి మనకి ఎంతోకాలం పట్టవచ్చును. పారిశ్రామికంగా భాగ్యవంతుడైన ఉత్తర అమెరికా మొదలు వెనుకబడివున్న దక్షిణ అమెరికా వరకూ - ఆర్థికవ్యవస్థలో మార్పులు గుఱచుట పరమాణుశక్తిని వినియోగపరుచుటకు చాలా సువత్సరములు పట్టవచ్చును. ఇప్పుడు తెలిసిన విషయములకు తోడుగా యింకా అనేక నూతన విషయములు కనుగొనబడవచ్చును. ఈ నూతన విషయములవల్ల పారిశ్రామిక రంగానికి ఎంతో మేలు చేకూరుతుంది. త్వరలోనే ధర్మోన్మాదికి యర్ విక్రియల ద్వారా లభ్యమయ్యే శక్తినిగూడా మానవ కల్యాణమునకు ఉపయోగించే అవకాశములు లభ్యం కావచ్చును.

ఈ కారణాలవల్ల భవిష్యత్తులో పారిశ్రామికంగా అన్ని దేశాలూ ఎంతో అభివృద్ధిని సాధించగలవని మనం ఆశించవచ్చును. కాని, వివిధమార్గాలలో - ఆ తెలియని

పరమాణుశక్తి ప్రపంచంలోనికి మనం పురోగమిస్తూ ఉంటే, ఒక బ్రహ్మాండమైన ఛాయ మనకు అనుభవించదారి పొకు గునా ఆటంకాలు కల్పిస్తుందనే భయంకూడా లేవోలేదు. పరమాణు శక్తి స్థూలీకృత అస్త్రములతో యుద్ధాలు జరుగుతేనేమోననే భయమే ఆ ఛాయకు కారణం పరమాణు శక్తి కర్మాగారాలూ, నౌకలూ - విమానాలూ - మన భవిష్యత్ ఆశాచిహ్నాలు : కాని పరమాణు ఉపనిబంధాలు మన పీడ కలలు. భవిష్యత్తులో ఏ యుద్ధమైనా ప్రారంభమై, యీ పరమాణు అస్త్రాలకు ప్రయోగించడమేగనక జరిగితే, మానవజాతి సంపాదించిన పరమాణు సాంకేతిక విజ్ఞాన పీకాదు, యిప్పుడు నెలకొనిఉన్న యావత్తు పారిశ్రామిక నాగరికతకూడా వినాశ సమైపోతుంది మన పారిశ్రామిక కర్మాగారాలకు పబ్లికాల నుంచి తొలగించి మారుమూల ప్రాంతాలకు తరలించి, తీర ప్రాంతాలదట్టూ. నగరాలదట్టూ రాడార్, మిస్సైల్ తెరలను నెలకొల్పినప్పటికీ పరమాణుయుద్ధకారణంగా యుద్ధంలో పాల్గొనే అన్ని దేశాలకూ మిలియన్ల సంఖ్యలో ప్రాణనష్టం సంభవిస్తుంది. అంతేగాకుండా, రేడియోధార్మికత విస్తరణ ఫలితంగా మానవజాతితోపాటు యితర ప్రాణికోటులకూడా తీరని అరిష్టాల పాలవుతున్నాయి. ఇవివరకు అనేక యుద్ధాలు జరిగాయి. యుద్ధానికి యుద్ధానికి మధ్యకాలంలో లభ్యమయ్యే శాంతిలో మానవజాతి మనుగడ సాగించినది. కాని యిక ముందు - భవిష్యత్తులో, శాంతితో బ్రతకడం లేదా సర్వ నాశనం కావడం తెప్ప మరోమార్గంలేదు. మానవజాతినంబంధ బౌద్ధవ్యముల విషయంలో, యిటువంటి మార్పు ప్రధమ

ప్రపంచ సంగ్రామమునకు పురస్కారమును పరిస్థితులలో అంత  
సులభసాధ్యమయ్యేదికాదు. ఇప్పటివలె కాదుగా అప్పటి  
దేశాల రాజకీయాభిప్రాయాలు, గాఢభావాల పరిధిములు  
ఒకదానిని ఒకటి పోలివుండేవి. ప్రపంచంలోని అన్ని దేశాలూ  
వ్యక్తకలత్యంతో కలిసికట్టుగా పనిచేయుట అసలే సూత్రం  
అప్పటివారికి కంటక ప్రాయమయ్యేది. కాని పరమాణుశక్తి  
అవిర్భావముతో యిప్పుడు అన్ని దేశాలమీదూ యీ సూత్రా  
నికి తలవంచకలేవ్వుదు. మానవజాతి కళ్యాణమూ పినాశమో  
యీ సూత్రంపైనే ఆధారపడివున్నందువల్ల - అన్ని దేశాలూ  
తమ మధ్యగల బేధాభిప్రాయములను పక్కరించుకొని ఏక  
లక్ష్యంతో పనిచేయవలసి ఉన్నది.

1946 లో నెలువడిన తన గ్రంథాన్ని డా॥ సాకెట్  
యీ వాక్యాలతో ముగించారు.

ఒక అద్భుతమైన పరికరం లభ్యమయినది. కర్బనము  
నూనె నిధులు, పూర్తిగా తరిగిపోయినప్పటికీ యీ సాధనము  
ద్వారా మనం సర్వతోముఖంగా పురోగమిస్తూనే ఉంటాము.  
పరమాణుశక్తి-కర్బనము, నూనె, నీరులనుంచి లభ్యమయ్యే  
శక్తిగా మనం జ్ఞాపకం ఉంచుకోవాలి. సూర్యుని ఉష్ణతనుంచి  
జలశక్తి వస్తోంది. సూర్యుని వెలుగులో పెరిగిన పురాతన  
వృక్షాల అపశేషాలే కర్బనము, నూనె. ఉదజనినుంచి సీలీయ

ముసేకు పరమాంబపరివర్తనకల్ల నూర్చుని వెలుగూ వేసి మసకు  
 లభ్యమానున్నాయి నూర్చునిలో విడుదలఅయ్యే పరమాంబ  
 శక్తిని బంధించడానికి, యిప్పుడు మసకు, ఆకుపచ్చన పృథ్వి  
 అవసరం ఏమాత్రములేదు. యుద్ధేనియం విచ్ఛేదనద్వారా  
 ఆశక్తిని మనమే విడుదలచేయవచ్చును.

యుద్ధమేఘాలు మనని ఆవరించి ఉన్నంతకాలం, యీ  
 విధంగా తలపోయడం గాలిలో మేడలు కట్టిపెట్టే అవుతుంది.  
 భావిపరిణామం మానవుడి అధీనంలో వున్నది. విజ్ఞాన సము  
 పార్జనకు, ఎంతటి దీక్షతోనూ మేధస్సుతోనూ పుత్సాహం  
 తోనూ మానవుడు ఎంత కృషి చేశాడో వివిధదేశాల  
 మధ్యా స్నేహసంబంధాల సుస్థిర ప్రతిస్థాపనకు అంత కృషి  
 చేస్తే, భవిష్యత్తు సుఖశాంతులతో తులతూగుతుంది. ఆ  
 విధంగా జరగసినాడు భూమండలం సర్వనాశనంతో నరక  
 కూపంగా మారిపోయే ప్రమాదం వున్నది.

సుస్థిర శాంతియందు పట్టదల భూమండోళనలనుంచి  
 విమోచన, జాతి రంగుపభేదములు లేకుండా ప్రజలందరూ  
 మనుగడ సాగించగల హక్కు గుర్తింపబడుట-యివి సాధ్యమై  
 నప్పుడు, పరమాంబశక్తిని సదుపయోగ పరచటానికి వీలవు  
 తుంది.

మనం భూగోళంయొక్క అవిరామమైన ప్రపరితలము  
 మీద నివసిస్తూ ఉన్నాము. ఒక భాగంనుంచి మరోభాగానికి

కొద్దిగంటలలో జీవకొనవచ్చును. ఈ అపరాధము ఉపరితల  
 మురు ఒకదానితో మరొకదానికి సంబంధములేని వివిధ రాజ  
 కీయకర్మకన్యకా విభాగములుగాచేసి ఉంచడానికి పేలులేదు.  
 ఒక భాగముకు ప్రభావం మరొక భాగమునాద తప్పని  
 సరిగా ప్రపంచమును కలుపుచున్నది. కాబట్టి పరమాణుశక్తి సద్వినియోగము  
 నకు, ప్రపంచ సుస్థిర శాంతికి, అన్ని దేశాల ప్రజలకు తమ  
 లోని విభేదాలను విస్మరించి ఏకోన్ముఖమైన కృషిని ఎంత  
 త్వరగా కొనసాగిస్తే అంత మంచిది.











